



Corso di Laurea di Scienze Forestali ed Ambientali

Ecologia e Statistica per l'ambiente

a.a. 2020/2021 Matteo Garbarino

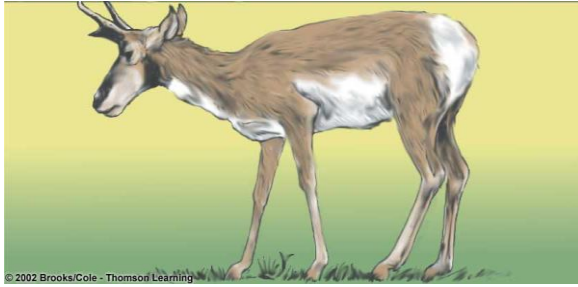
ECOLOGIA DEGLI ECOSISTEMI



© 2002 Brooks/Cole - Thomson Learning



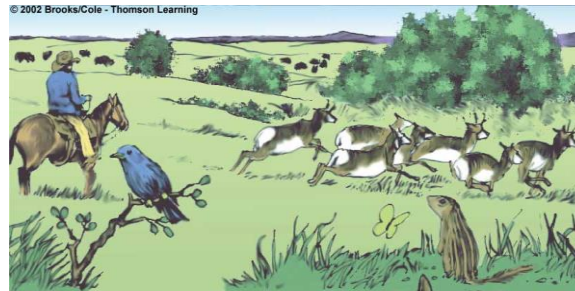
Ecosistema



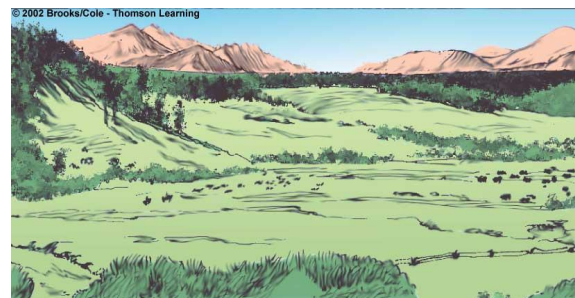
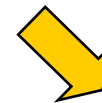
Organismo



Popolazione



Comunità



Ecosistema

Sinecologia: Capitolo dell'ecologia generale, animale o vegetale, che, in opposizione all'autoecologia, si occupa dei rapporti che intercorrono fra l'ambiente e gruppi di specie e di individui, quali associazioni, raggruppamenti, biocenosi. Detta anche **ecologia degli ecosistemi**.

Autoecologia: Capitolo dell'ecologia animale o vegetale che, in opposizione alla sinecologia, indaga i rapporti tra l'ambiente e una specie, una razza o altra categoria sistematica; oppure tra l'ambiente e singoli individui, prescindendo, nei limiti del possibile, dai rapporti che si stabiliscono tra i gruppi indagati e altri gruppi sistematici e individui.

Biocenosi (o comunità biotica): In ecologia, complesso di popolazioni animali e vegetali che vivono e interagiscono fra loro in uno stesso ambiente, o biotopo, con il quale formano un ecosistema. L'entità delle interazioni tra le specie che compongono una b. è più forte nelle comunità mature, dove i molti rapporti di interdipendenza ne accrescono la stabilità. **BIOCENOSI + BIOTOPO = ECOSISTEMA**

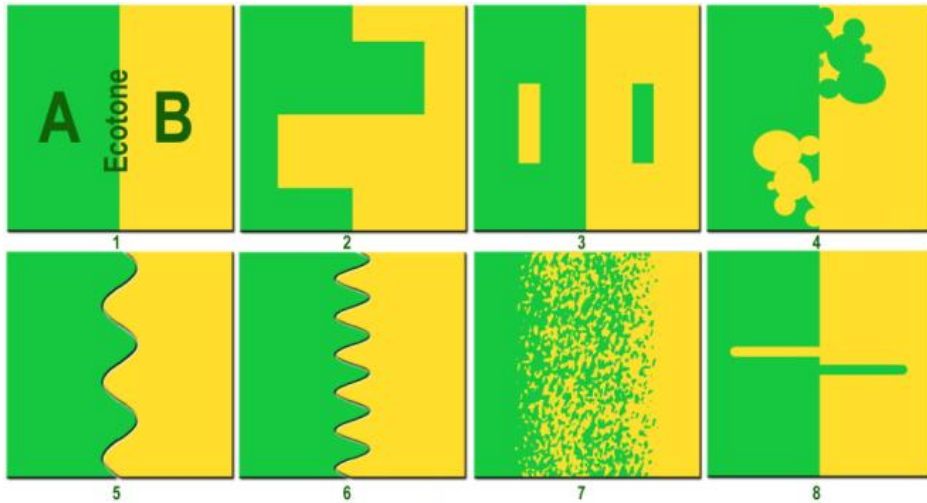
Ecosistema

Ecosistema (Tansley, 1935): sistema interattivo fra comunità di organismi viventi (piante, animali e microbi) e componenti non viventi (fattori abiotici: radiazione solare, aria, acqua e suolo minerale).

Gli **ecosistemi** hanno struttura e funzioni caratteristiche determinate da:

- Flusso di energia;
- Circolazione di materia tra componente biotica e abiotica.
- **sistemi aperti**;
- qualsiasi dimensione (in teoria)
- sinergia con altri ecosistemi;
- tendono a raggiungere e a **mantenere nel tempo un certo equilibrio dinamico**

Sinergia fra ecosistemi

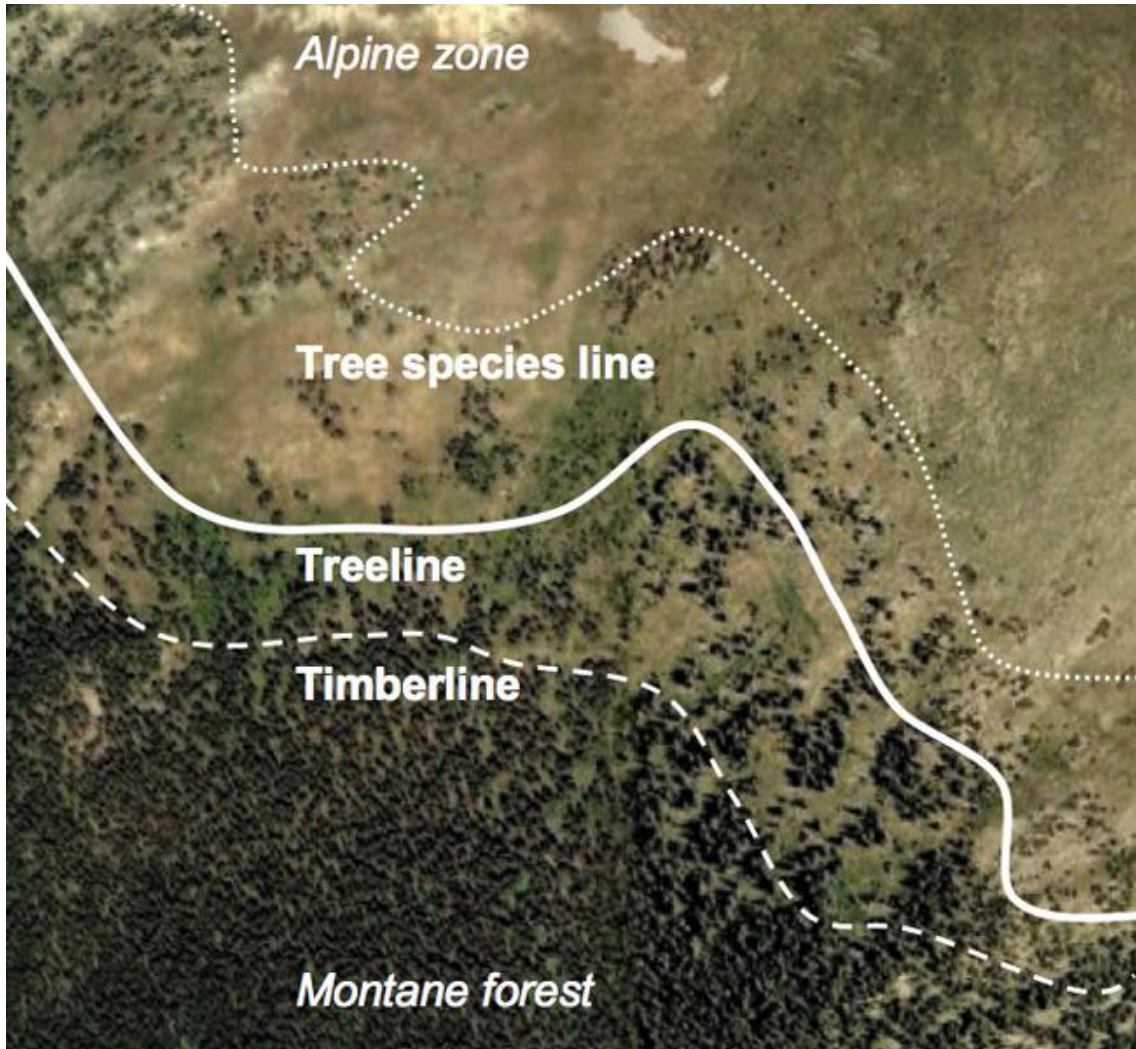


Ecotono:

Zona di transizione (e di tensione) fra due biomi (es. **tundra e taiga**) o fra ecosistemi diversi (es. **foresta e prateria**, fondo roccioso e fondo melmoso del mare, ecc.), in cui si trovano organismi propri delle comunità confinanti, ma anche altri, esclusivi della zona stessa.

Sistemi ricchi di specie e molto dinamici.

Ecotono del limite superiore del bosco



La treeline è un ecotono che domina l'area di interfaccia tra la foresta e le praterie alpine.

Limite della specie forestale

Limite degli alberi

Limite del bosco chiuso

Ecotono di limite superiore del bosco

Treeline netta

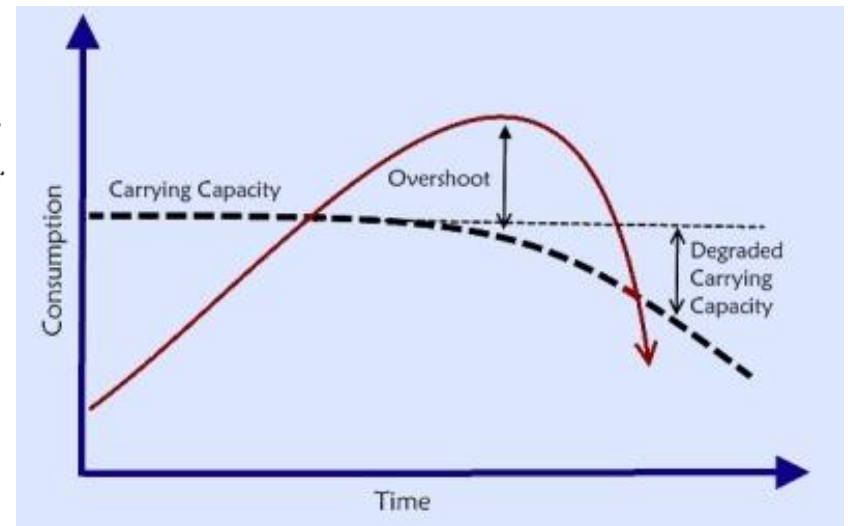
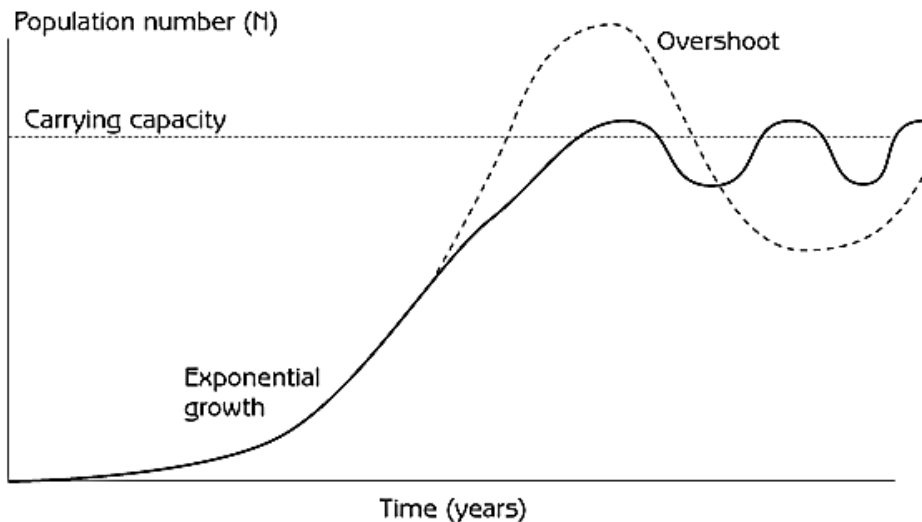


Treeline diffusa



Omeostasi

- **Omeostasi:** Proprietà di un sistema di autoregolare il suo ambiente interno per tendere al raggiungimento di condizioni di equilibrio (dinamico).
- In sinecologia (ecologia degli ecosistemi) indica la tendenza all'equilibrio delle popolazioni animali e vegetali, come risultato di meccanismi dipendenti dalla densità e operanti sul tasso di natalità, sopravvivenza e morte (stabilità).



Omeostasi globale GAIA

- [la teoria di Gaia \(Lovelock, 1979\)](#)



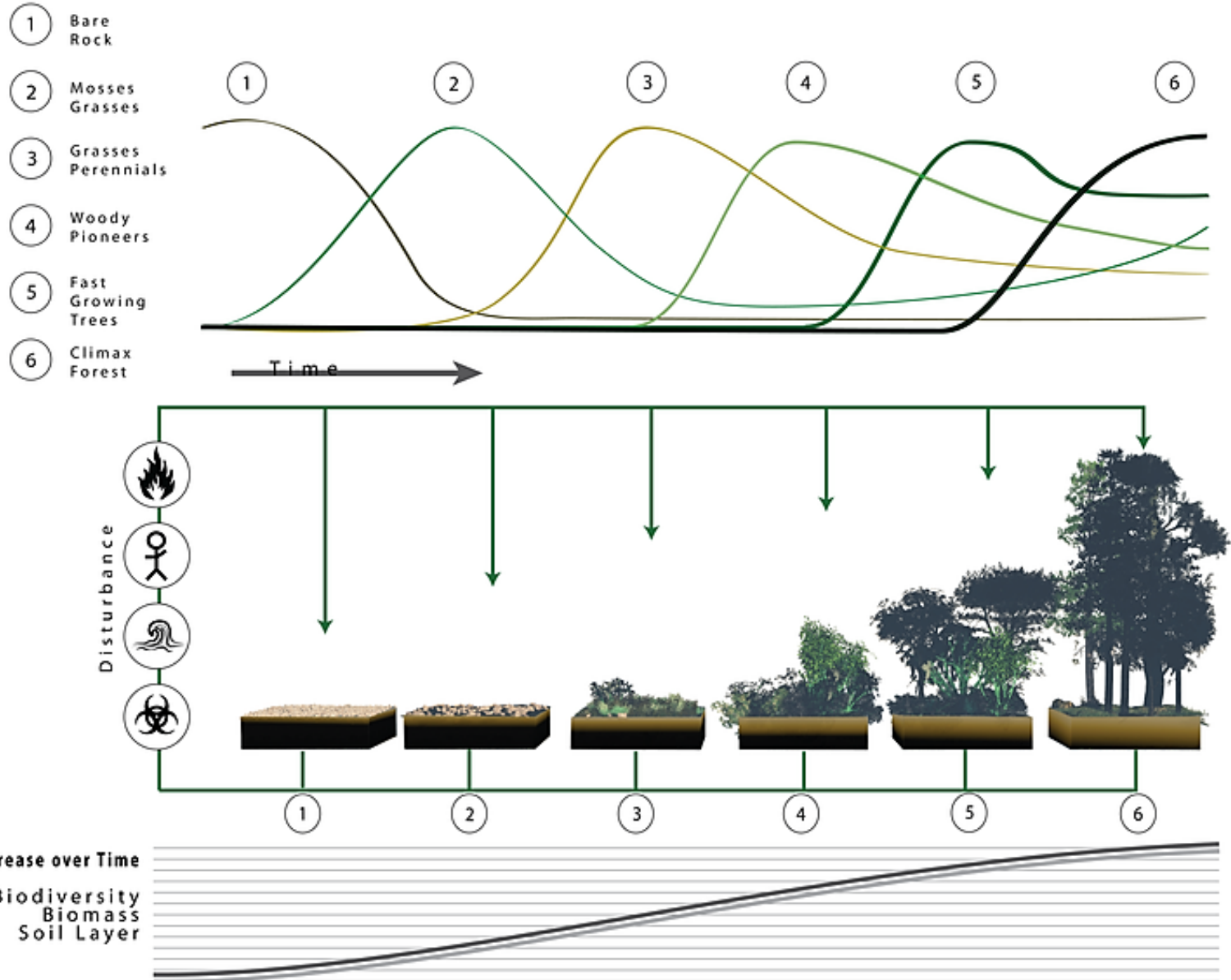
“ A complex entity involving the Earth's biosphere, atmosphere, oceans, and soil; the totality constituting a feedback or cybernetic system which seeks an optimal physical and chemical environment for life on this planet”



La terra come superorganismo in condizioni di omeostasi permanente fra atmosfera, biosfera, oceani e suoli

Cambiamenti strutturali dell'ecosistema

Forest Succession Over Time In Six Stages



Cambiamenti strutturali dell'ecosistema

Successione ecologica è il processo di cambiamento della struttura specifica di una comunità ecologica. La comunità inizia con poche specie pioniere vegetali e animali e si sviluppa attraverso una complessità crescente che poi si stabilizza e si auto-perpetua (comunità climax).

- La scala temporale può essere dalle decine fino ai milioni di anni.
- Il motore della successione è l'impatto di ogni singola specie nel proprio ambiente.
- E' un processo più o meno ordinato con cambiamenti prevedibili dopo una perturbazione o la colonizzazione iniziale di un nuovo habitat.

Di DISTURBI e SUCCESSIONI ne parleremo più avanti nel corso.

Ecosistemi e Ciclo nutrienti

Quali sono le risorse e le condizioni necessarie alla crescita degli alberi?

Materia prima

CO_2

H_2O

minerali



Energia

Luce

Processi di crescita

O_2

° t range

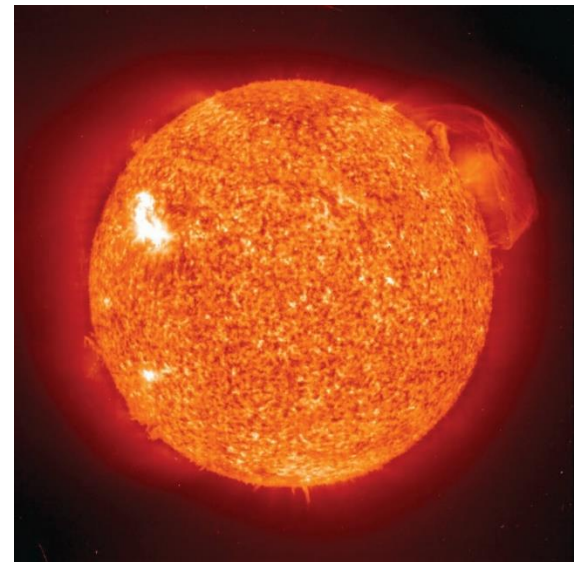
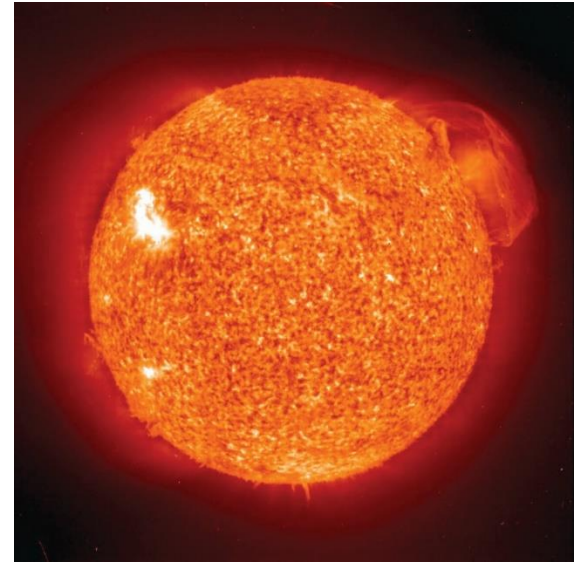
Energia solare

L'elemento fondamentale per la vita è il sole. L'energia solare viene assorbita dalle piante e viene utilizzata per formare le foreste, le praterie e per alimentare la vita del mare.

I vegetali verdi sono la base su cui poggia il ciclo vitale della biosfera. Per mezzo della **fotosintesi** essi **fissano l'energia radiante solare in forma di energia chimica.**

Gli animali, al contrario, sono dei **trasformatori** di materia ed energia.

Autotrofi (i primi) ed eterotrofi (i secondi).



Energia solare

L'aspetto fondamentale affinché una biocenosi si instauri in un dato biotopo è il cosiddetto **flusso di energia**: questa proviene dall'esterno (sotto forma di luce), viene **organicata**, cioè **trasformata in composti chimici di tipo organico**, da parte di alcuni organismi definiti produttori (autotrofi) e quindi trasferita attraverso tutti gli organismi che compongono la biocenosi, per poi essere gradualmente dispersa (solitamente sotto forma di calore), secondo i principi della termodinamica.

L'**energia** è definita come la **capacità di compiere un lavoro**. L'unità di misura è il Joule che è l'energia necessaria a lanciare un oggetto di 1 Kg alla velocità di un metro al secondo. Un Joule è circa uguale a 0.23 calorie.

Energia solare

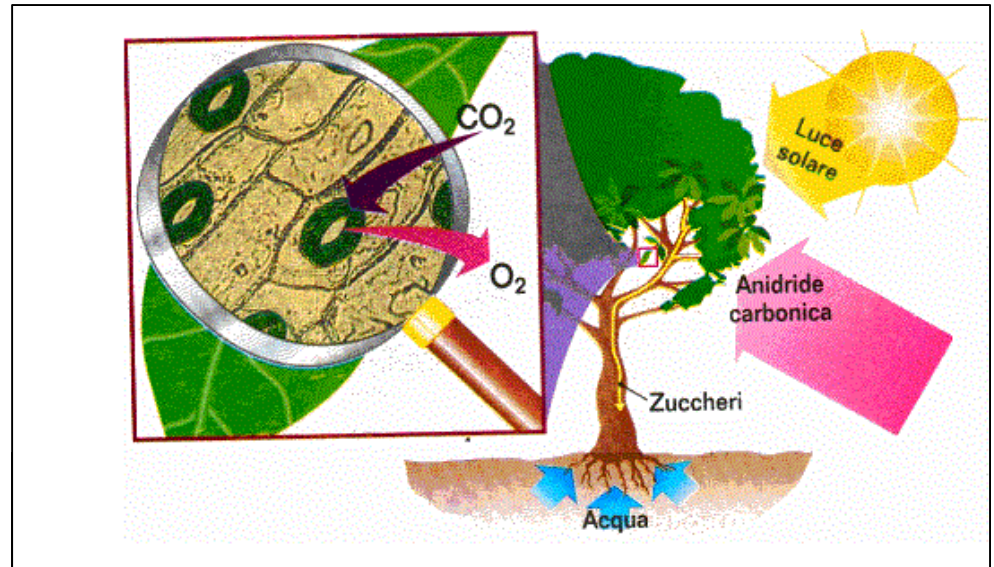
1° principio della termodinamica (nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma) stabilisce, che l'energia può essere trasformata da un tipo (per es. energia luminosa) in un altro (per es. energia chimica) mantenendo sempre la sua quantità costante.

2° principio della termodinamica stabilisce che non avverrà mai un processo di trasformazione energetica, senza che si verifichi contemporaneamente anche una degradazione d'energia da una forma concentrata ad una forma dispersa. Nel corso della trasformazione una parte dell'energia iniziale si degrada in calore che viene subito disperso nell'ambiente praticamente in modo non più utilizzabile; di conseguenza **nessuna trasformazione spontanea (come quella della energia luminosa in energia chimica) può avere un rendimento del cento per cento.**

Energia solare

Tutta l'energia fornita dal sole viene trasformata in energia dagli autotrofi? No (2° principio termodinamica).

Quanta parte dell'energia che raggiunge i vegetali autotrofi viene catturata e trasformata in energia chimica? In altre parole, **quale è il rendimento degli autotrofi?**



Efficienza degli autotrofi

Calcolo di **Transeau** per un campo di mais dell'Illinois

Transeau, E.N. 1926. The accumulation of energy by plants. Ohio J. Sci., 26:1-10

Ciclo di produzione del mais di 100 giorni

10.000 piante di mais

6.678 Kg prodotti (Equivalenti a Kg di zucchero)

2.045 Kg perdite per respirazione

8.723 Kg totali prodotti pari a 33.000.000 Cal.

Nello stesso tempo la stessa superficie di terreno ha ricevuto 2.043.000.000 Calorie sotto forma di energia radiante.

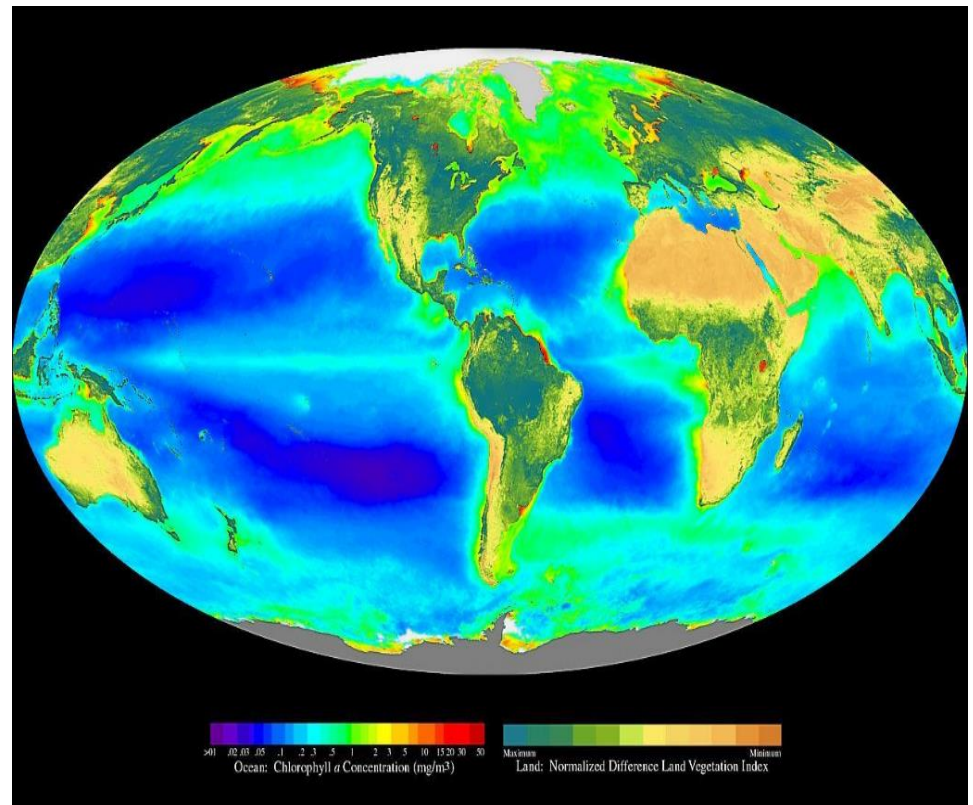
L'efficienza (o rendimento) totale del campo di mais è di circa l'1,6%.

Altri esperimenti effettuati sui vegetali hanno portato a risultati simili (**circa il 2%**).

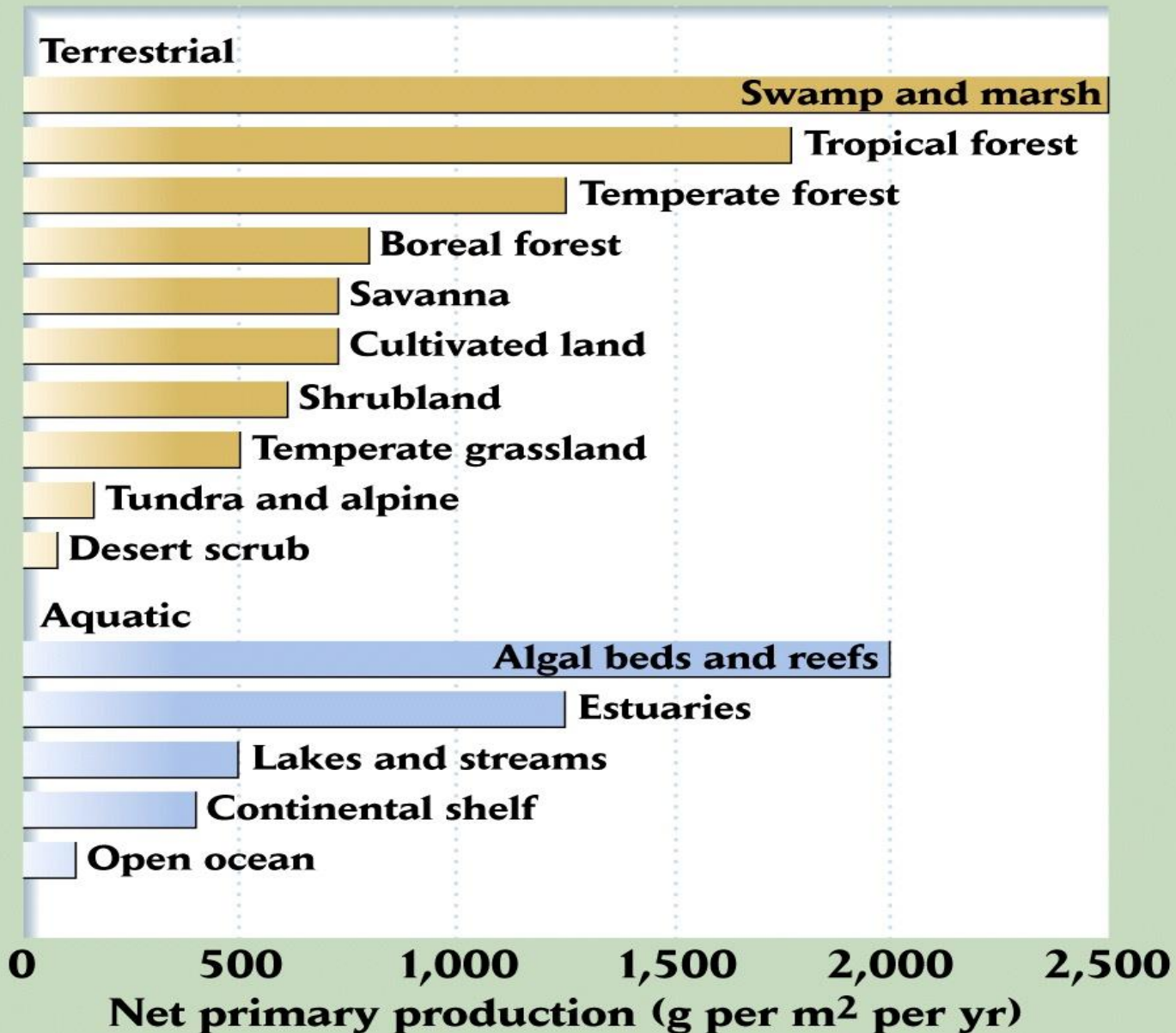
Produzione Primaria

La produzione primaria è **la produzione di composti organici dalla CO₂ presente nell'atmosfera o in acqua che avviene principalmente mediante processi fotosintetici o, in misura minore, chemiosintetici.**

Tutta la vita sulla Terra è direttamente o indirettamente dipendente dalla produzione primaria. Gli organismi responsabili della produzione primaria, chiamati **produttori primari o autotrofi**, sono alla base della catena alimentare. Negli ambienti **terrestri** essi sono soprattutto **piante**, mentre in ambienti **acquatici** sono le **alghe** a svolgere un ruolo preponderante. La produzione primaria è distinta in **netta o lorda**. La prima **tiene conto delle perdite causate da processi quali la respirazione cellulare**, la seconda no.

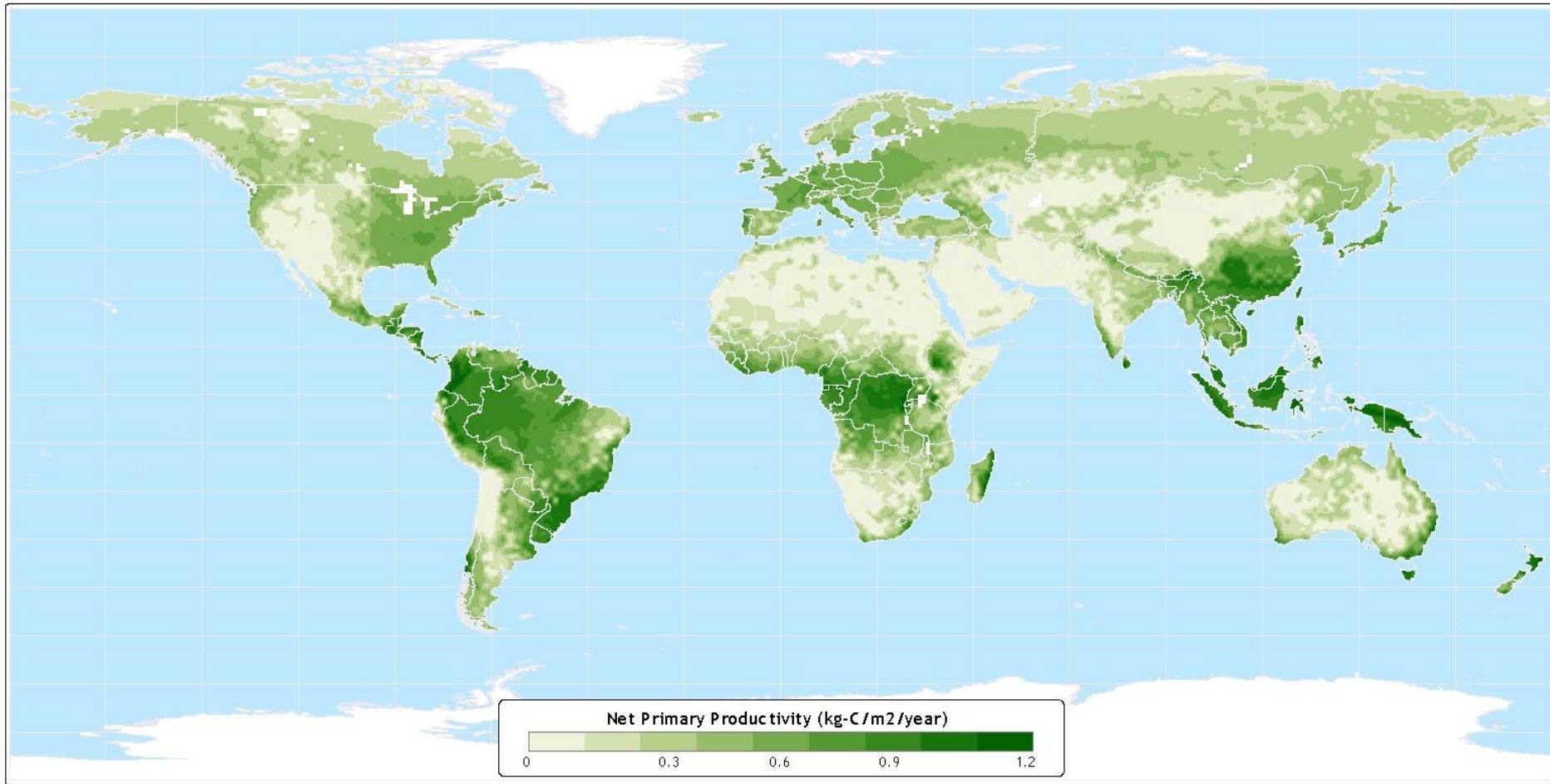


Produzione Primaria Netta



Produzione Primaria Netta

Net Primary Productivity



Data taken from: IBIS Simulation
(Kucharik, et al. 2000)
(Foley, et al. 1996)

Atlas of the Biosphere
Center for Sustainability and the Global Environment
University of Wisconsin - Madison

Produzione Primaria

Quali sono i fattori che limitano la produzione primaria:

- Usò inefficiente della radiazione solare
- Acqua e temperatura sono due fattori critici
- Produzione Primaria aumenta con l'aumento della lunghezza della stagione vegetativa
- Sostanze minerali, nutrienti e CO₂ possono limitare l'efficienza del processo (legge del minimo)

In genere c'è una **correlazione positiva tra produzione primaria** (o lorda) e **produzione secondaria** (o netta) .

Produzione Primaria Netta



Quando cerchiamo di capire il perché della quantità e della qualità di piante ed animali dobbiamo tenere conto del grande limite che è la **scorta di energia** (il budget di energia disponibile).

L'energia diminuisce costantemente ad ogni tappa della catena alimentare perdendo il potere di eseguire lavoro e dissipandosi sotto forma di calore.

I vegetali ricevono l'energia radiante e la trasformano in energia chimica ma **solo circa il 2% dell'energia ricevuta viene trasformato.**

Cosa succede nelle tappe successive?

Elton e la catena trofica



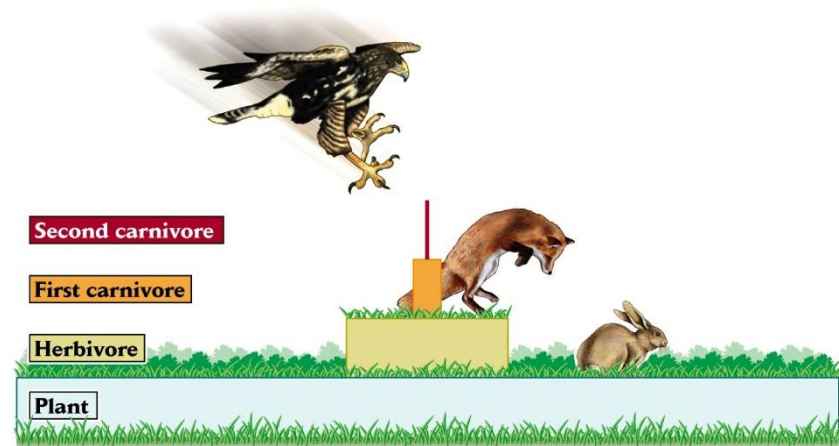
Charles ELTON fece una spedizione alle isole dell'arcipelago dello Spitzbergen (Tundra, visibilità massima delle specie animali) su cui pubblicò un libro nel 1927.

Studiò i rapporti di predazione esistenti tra le specie presenti nell'arcipelago (chi mangia chi).



Mise in evidenza la **presenza di reti alimentari** ed usò per primo il termine di **ciclo trofico**.

Elton riconobbe anche formalmente quello che la gente ha sempre saputo: **i grossi animali feroci sono rari mentre i piccoli animali sono numerosi.**



La Catena Trofica



Gli animali che si nutrono delle piante non sono in grado di trasformare completamente quello che mangiano in energia e nemmeno possono utilizzare l'energia già consumata dalle piante. Sulla terra quindi non ci può essere tanta massa animale quanto massa vegetale.

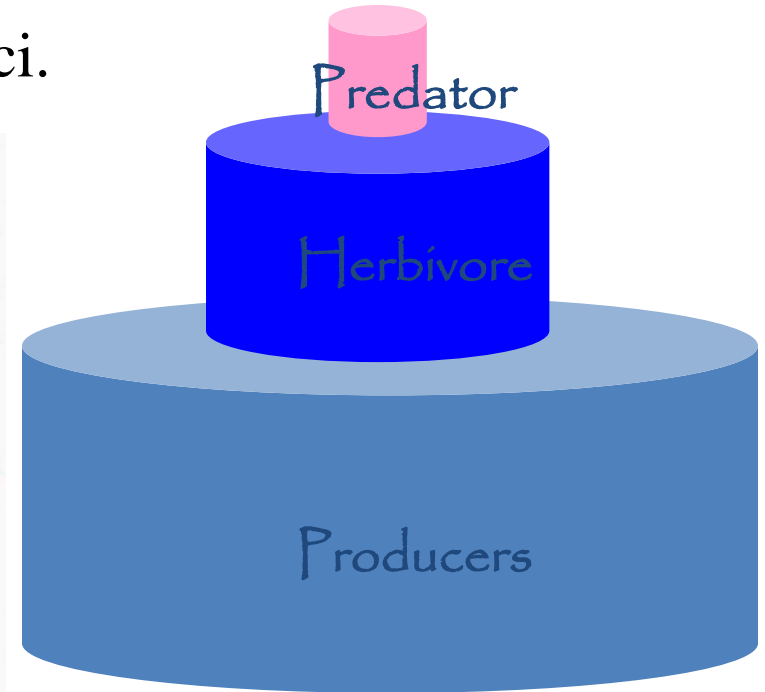
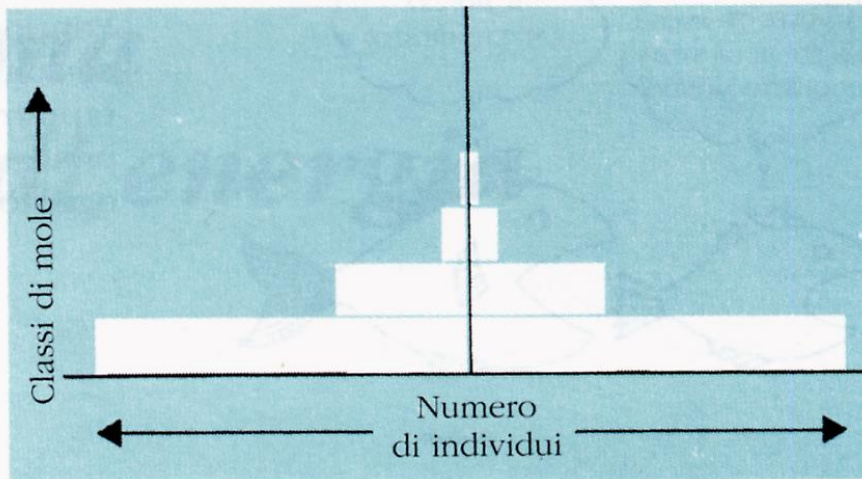
Gli animali carnivori sono un passo successivo: per essi l'energia disponibile è presa al livello degli erbivori e questa energia non viene utilizzata completamente.

Se ci fossero dei carnivori che si nutrono esclusivamente di carnivori questi avrebbero a disposizione una frazione ancora più piccola di energia.

La Catena Trofica

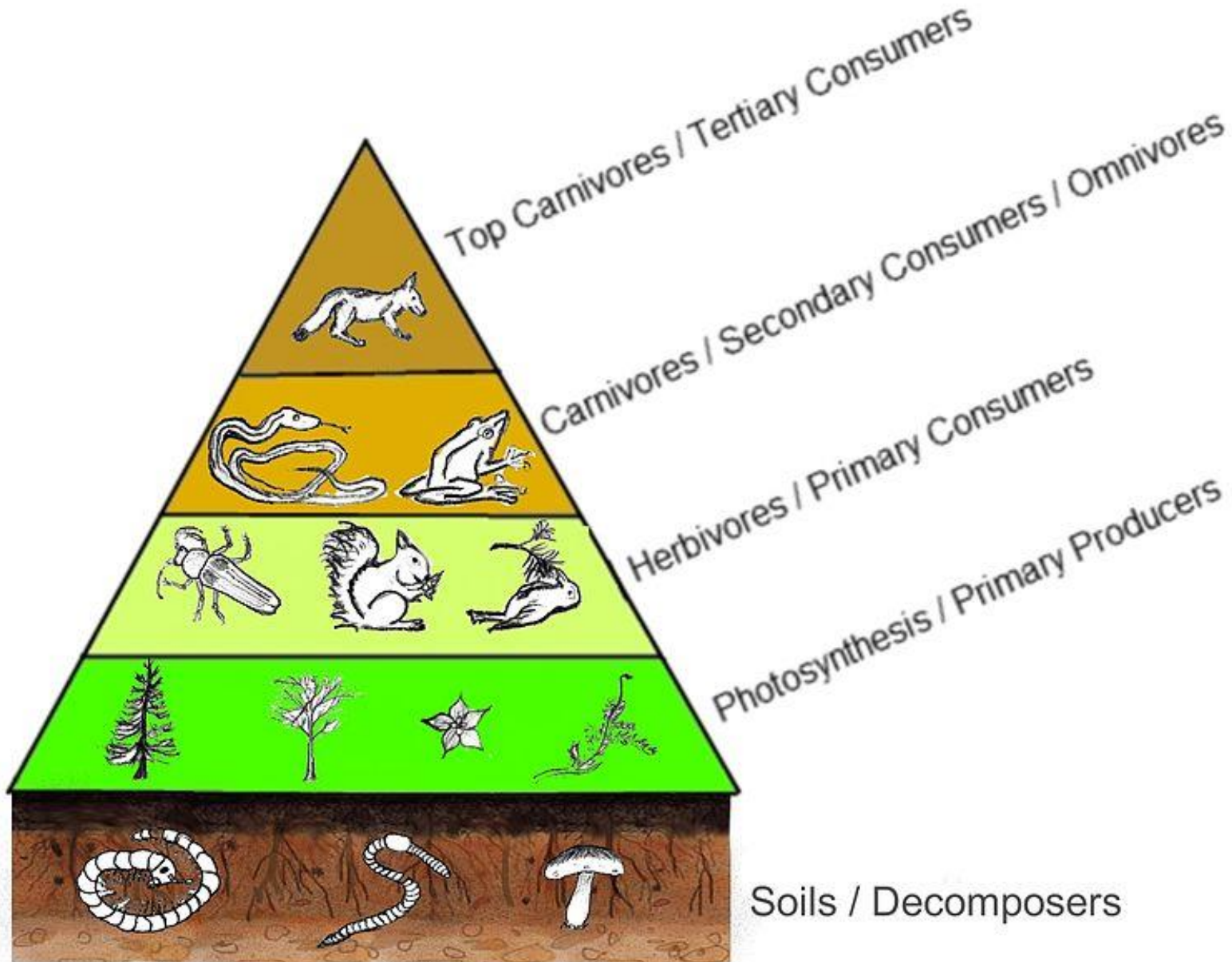


Piramide Eltoniana e livelli trofici.

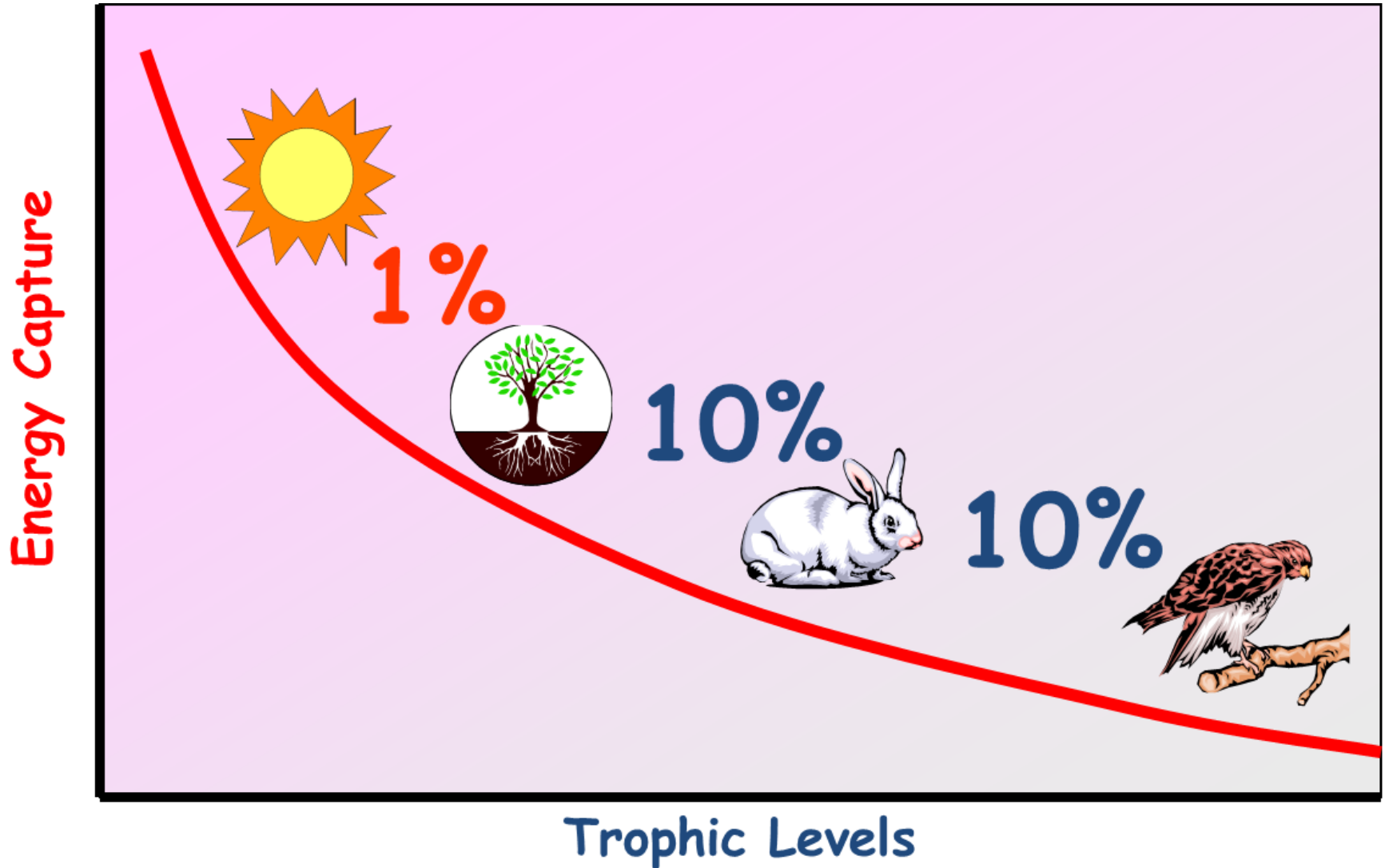


La piramide di Elton è quindi una conseguenza chiara e diretta della seconda legge della termodinamica (ad ogni trasformazione energetica corrisponde una dissipazione)
→ tanti autotrofi, pochi eterotrofi

La Catena Trofica (Food Chain)



La Catena Trofica (Food Chain)



Livelli trofici



- 1) Produttori:** Alla base di ogni catena alimentare, ci sono i **produttori**, ossia degli organismi autotrofi (trasformano la radiazione luminosa, l'acqua e l'anidride carbonica in riserve alimentari come zuccheri ed amidi).
- 2) Consumatori:** dopo i produttori, ci sono i **consumatori**, ossia organismi eterotrofi non indipendenti nella produzione di cibo. Infatti questi organismi necessitano di mangiare altri organismi per assimilare sostanze nutritive. All'interno dei consumatori, ci sono degli ordini, principalmente 3: **Consumatori primari:** erbivori che si cibano di produttori; **consumatori secondari:** carnivori che si cibano di erbivori e **consumatori terziari:** carnivori che si cibano di carnivori. Ognuno di questi ordini rappresenta un livello trofico.

Livelli trofici

3) I **decompositori** o **bioriduttori** sono generalmente dei batteri che decompongono i resti animali e vegetali in sostanze riutilizzabili dai produttori. Hanno un ruolo molto importante perché determinando la decomposizione della materia organica, remineralizzano le sostanze nutritive (specialmente azoto e fosforo) che sono riutilizzate dagli organismi autotrofi.



Catena trofica → ECOSISTEMA → Rete alimentare

Una **catena alimentare** o catena trofica è **l'insieme dei rapporti tra gli organismi di un ecosistema**. Ogni ecosistema ha diverse catene alimentari e siccome un individuo può appartenere a più di una catena alimentare, si crea una vera e propria **rete alimentare**.

Se degli organismi hanno lo stesso ruolo nella catena alimentare, appartengono allo stesso livello di alimentazione (**livello trofico**). Ad esempio al primo livello ci saranno i produttori primari, al secondo gli erbivori (o consumatori primari).

Quali sono le risorse e le condizioni necessarie alla crescita degli alberi?

Materia prima

CO₂

H₂O

minerali



Energia

Luce

Processi di crescita

O₂

° t range

Cicli dei Nutrienti



I **nutrienti** comprendono tutti le sostanze chimiche di cui sono costituiti gli organismi (imprescindibili per la vita).

Quelli necessari in grande quantità sono detti **macronutrienti** (acqua, carbonio, ossigeno, idrogeno, azoto, fosforo, zolfo e calcio).

Quelli necessari in piccole quantità sono detti **micronutrienti** (zinco, ferro e iodio).

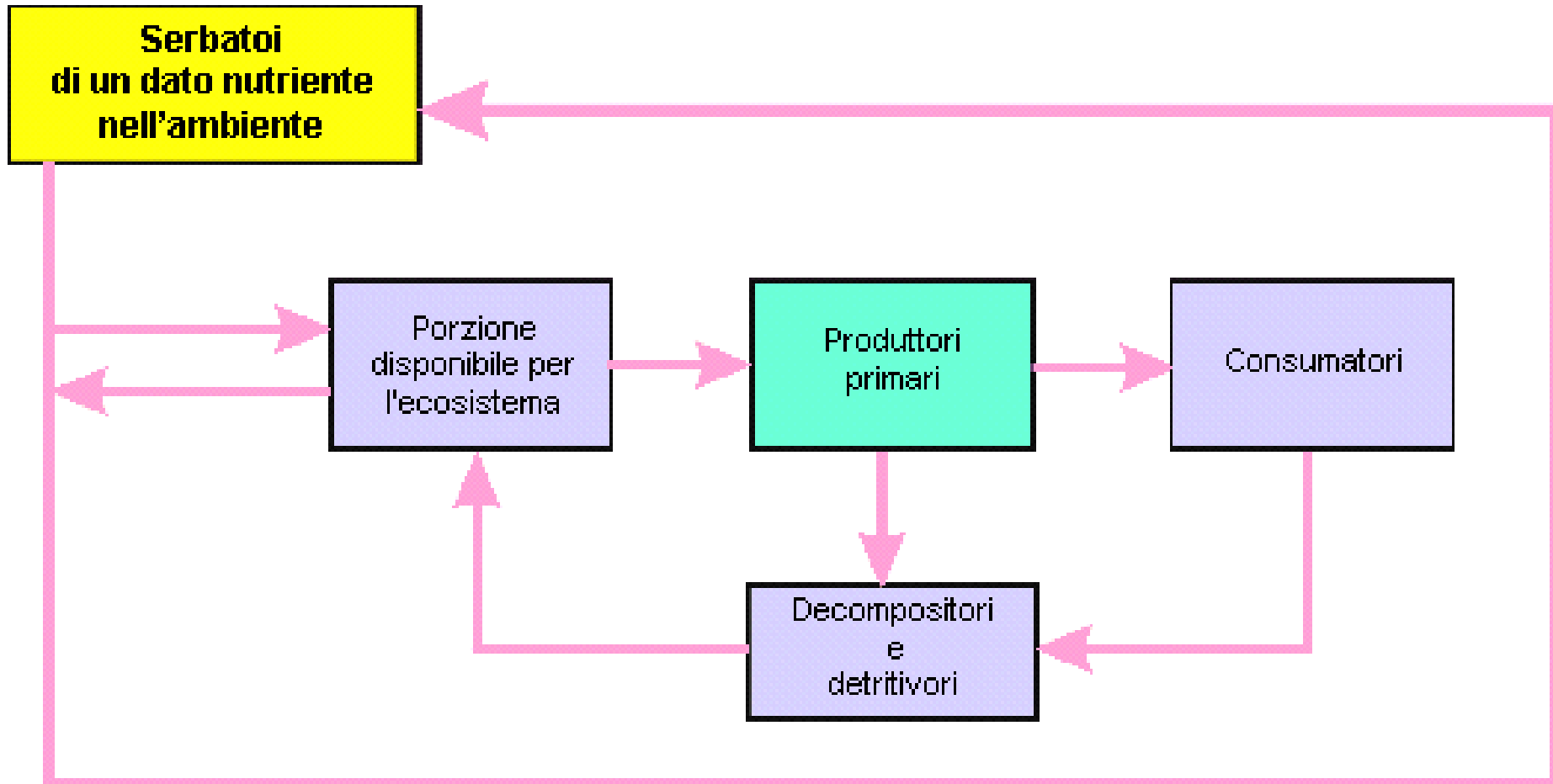
I **cicli dei nutrienti** o **cicli biogeochimici** descrivono i percorsi che queste sostanze compiono tra le componenti biotiche e quelle abiotiche degli ecosistemi.

Cicli Biogeochimici



- **Carbonio, idrogeno, ossigeno, fosforo, azoto, zolfo e tutti gli altri elementi essenziali per la vita:** circolano tra l'ambiente fisico e quello vivente degli organismi.
- **Il flusso di energia attraverso gli ecosistemi è unidirezionale:** ogni ecosistema ha bisogno di una fonte costante di energia “fresca”.
- **Ogni elemento ha il suo ciclo e, questi cicli sono in relazione tra di loro.**

Cicli dei Nutrienti



Il Carbonio

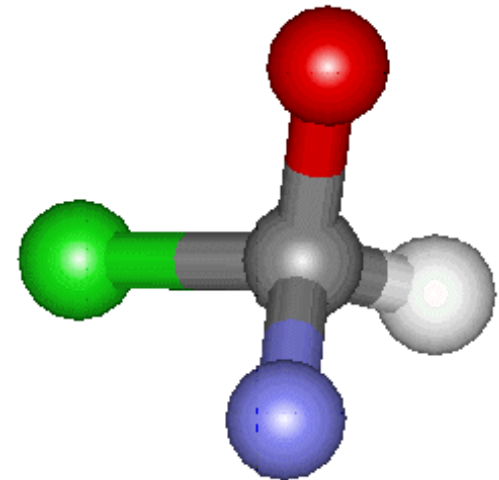


È il mattoncino con il quale viene costruita la “vita”.

È presente sulla terra e nell’atmosfera in diverse forme.

Svolge un ruolo fondamentale nel regolare la temperatura del pianeta.

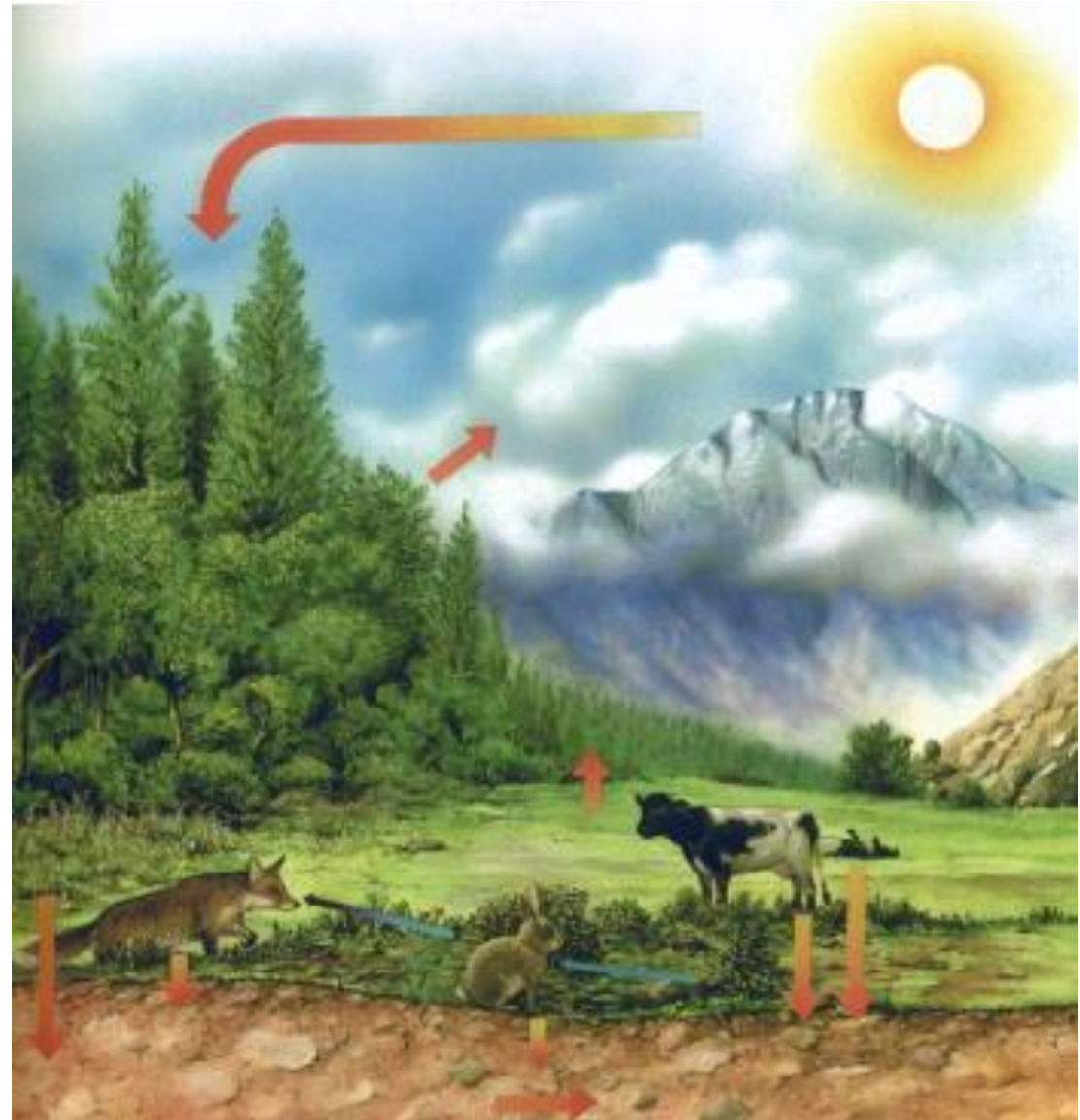
L’attività dell’uomo modifica in modo significativo la forma con la quale è presente il carbonio influenzando il clima ed altri processi che interessano gli esseri viventi.



Ciclo del Carbonio



The **carbon cycle** is the biogeochemical cycle by which carbon is exchanged between the biosphere, geosphere, hydrosphere and atmosphere of the earth.



Carbon Dioxide

LATEST MEASUREMENT: January 2017

405.92 ppm

DOWNLOAD DATA

Fore

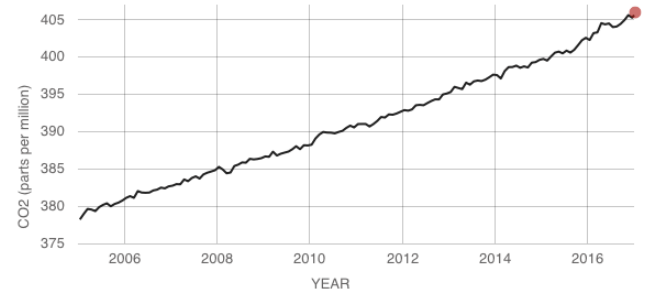
Airborne
studying
help pre
spacebc
forests il

FULL

Carbon dioxide (CO₂) is an important heat-trapping (greenhouse) gas, which is released through human activities such as deforestation and burning fossil fuels, as well as natural processes such as respiration and volcanic eruptions. The first chart shows atmospheric CO₂ levels in recent years, with average seasonal cycle removed. The second chart shows CO₂ levels during the last three glacial cycles, as reconstructed from ice cores.

DIRECT MEASUREMENTS: 2005-PRESENT

Data source: Monthly measurements (average seasonal cycle removed). Credit: NOAA



Get Data: [FTP](#) | Snapshot: [PNG](#)

CARBON DIOXIDE	GLOBAL TEMPERATURE	ARCTIC ICE MINIMUM	LAND ICE
↑ 402.26 parts per million	↑ 1.4 °F since 1880	↓ 13.4 percent per decade	↓ 287.0 billion metric tons per year

CARBON DIOXIDE

↑ 399.73 parts per million

OZONE HOLE

22 million sq. miles (latest maximum)

visit web site ▶

OZONE HOLE

22 million sq. miles (latest maximum)

latest data update: 01/23/2012 visit web site ▶

24 million sq. miles (latest maximum)

latest data update: 02/24/2011 visit web site ▶

9.3 million sq. miles (latest maximum)

latest data update: 02/25/2010 visit web site ▶

atmosferici in traccia

- anidride carbonica (CO₂) 0.036 %
- metano (CH₄) 0.0002 %
- protossido di azoto (N₂O) 0.00003 %
- clorofluorocarburi (CFC) 0.0000003 %
- ozono (O₃) 0.00001 %
- biossido di azoto (NO₂) 0.00001 %
- benzene (C₆H₆) 0.00000001 %

<https://www.co2.earth>

Anidride carbonica (Carbon Dioxide) CO2

Il 19 ottobre 2019



The image shows a screenshot of the NASA Global Climate Change website. The background is a satellite-style map of Sudan with a color overlay indicating flooding. The top navigation bar includes the NASA logo, the text 'GLOBAL CLIMATE CHANGE Vital Signs of the Planet', a globe icon, and links for 'FACTS', 'ARTICLES', 'SOLUTIONS', 'EXPLORE', 'RESOURCES', and 'NASA SCIENCE'. A search icon is on the right. A central white box features the text 'IMAGES OF CHANGE Major Flooding in Sudan' and 'More than 190,000 people were affected.', with a blue 'VIEW' button below. The bottom of the page has a dark grey bar with four climate indicators: Carbon Dioxide (412 ppm), Global Temperature (1.9°F since 1880), Arctic Ice Minimum (12.8% per decade), and Ice Sheets (413 Gt per year).

NASA GLOBAL CLIMATE CHANGE
Vital Signs of the Planet

FACTS ARTICLES SOLUTIONS EXPLORE RESOURCES NASA SCIENCE

IMAGES OF CHANGE
Major Flooding in Sudan
More than 190,000 people were affected.

[VIEW](#)

CARBON DIOXIDE
↑ 412 parts per million

GLOBAL TEMPERATURE
↑ 1.9 °F since 1880

ARCTIC ICE MINIMUM
↓ 12.8 percent per decade

ICE SHEETS
↓ 413 Gigatonnes per year

Ciclo del Carbonio e NPP

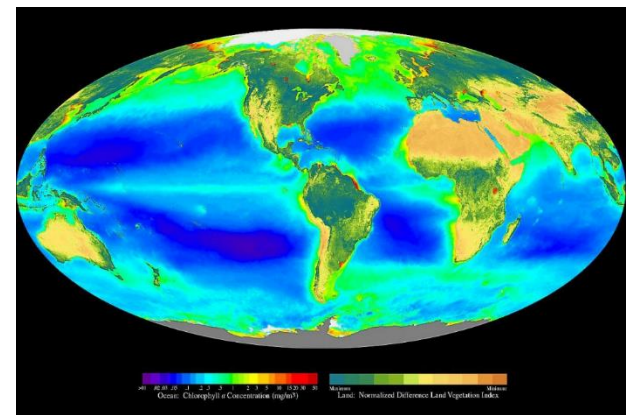


La Produzione Primaria è la **sintesi di composti organici da CO₂** atmosferica o acquosa. Principalmente avviene **attraverso il processo della fotosintesi**, che *usa la luce come fonte di energia*, ma si verifica anche attraverso la *chemiosintesi*, che *utilizza l'ossidazione o la riduzione di composti chimici inorganici come fonte di energia*.

Gli ecologi distinguono la produzione primaria come netta (NET PRIMARY PRODUCTION) o lorda (GROSS PRIMARY PRODUCTION).

$NPP = GPP - \text{respirazione (delle piante)}$

In terrestrial ecosystems, mass of carbon per unit area per year ($\text{g C m}^{-2}\text{yr}^{-1}$) is most often used as the unit of measurement.

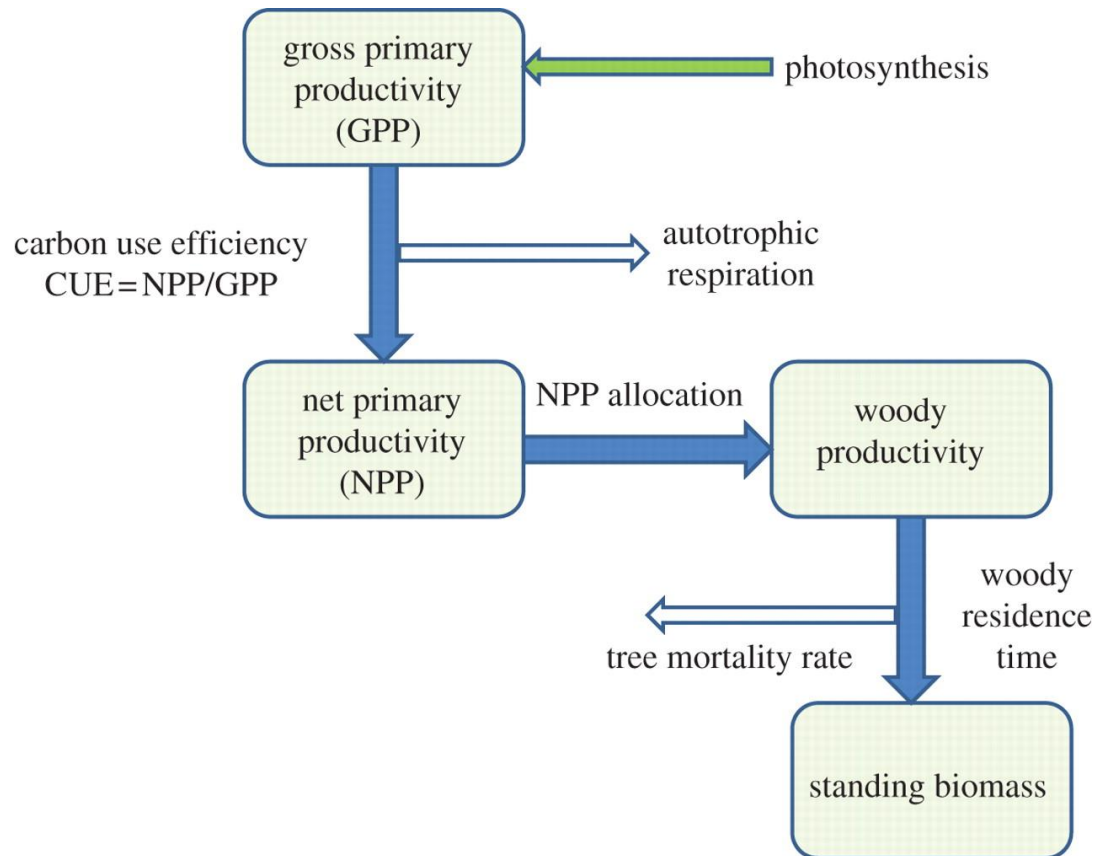


NPP

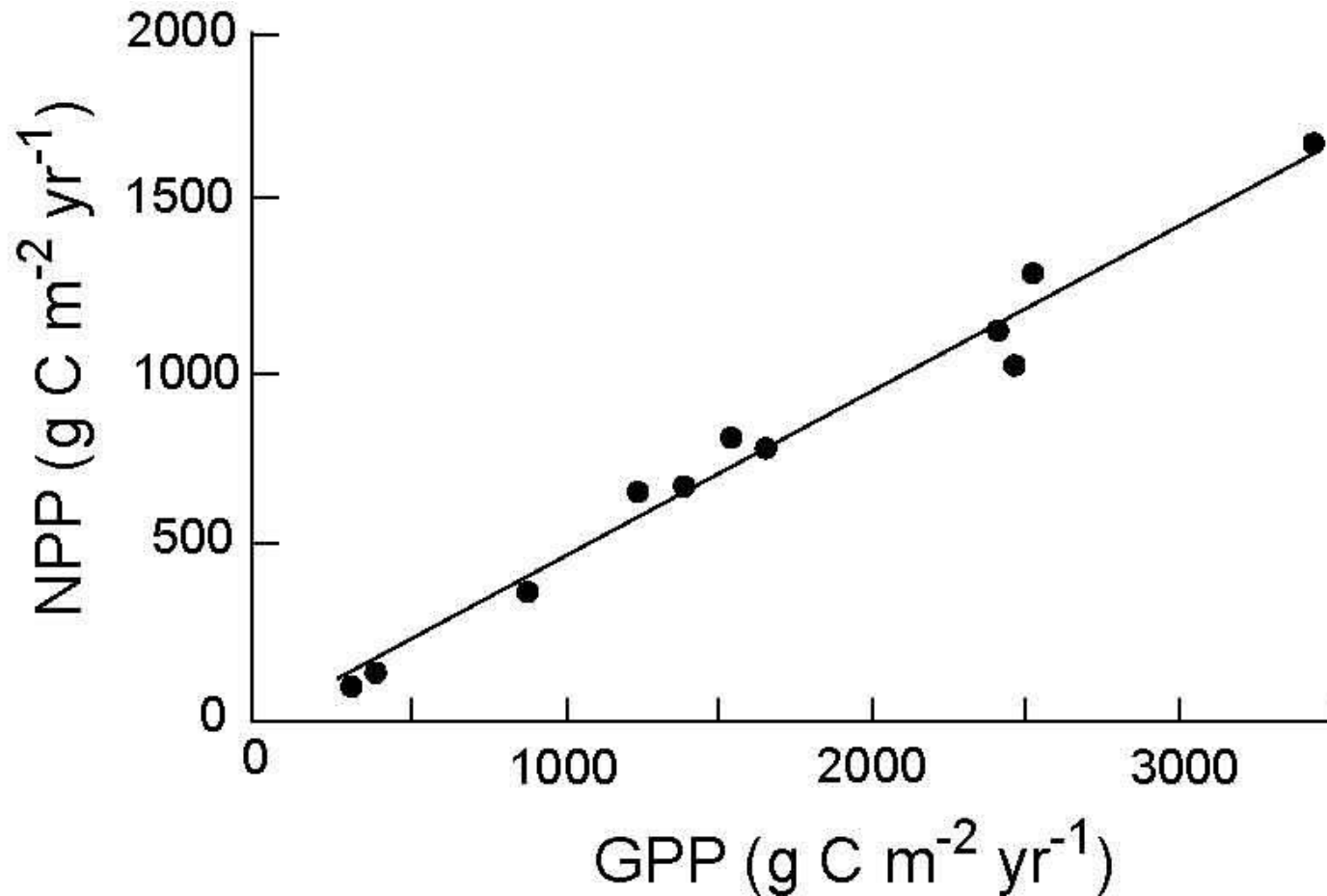


$$\mathbf{NPP = GPP - R_{\text{autotrofi}}}$$

$$\mathbf{R_{\text{autotrofi}} = R_{\text{mantenimento}} + R_{\text{crescita}} + R_{\text{riproduzione}}}$$



NPP è circa la metà di GPP

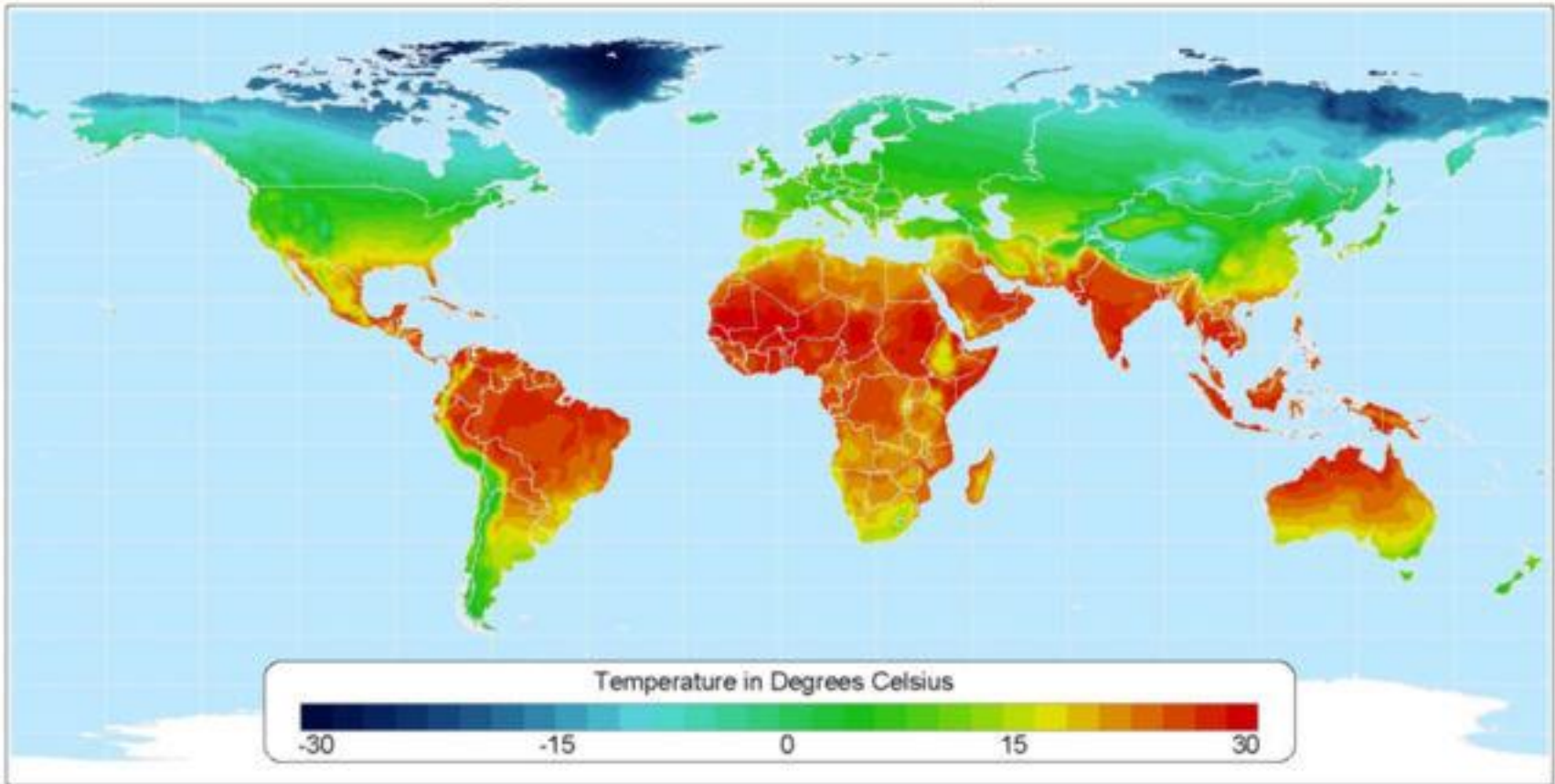


From model simulations of forests

NPP influenzata da Temperatura



Average Annual Temperature



Data taken from: CRU 0.5 Degree Dataset (New, et al.)

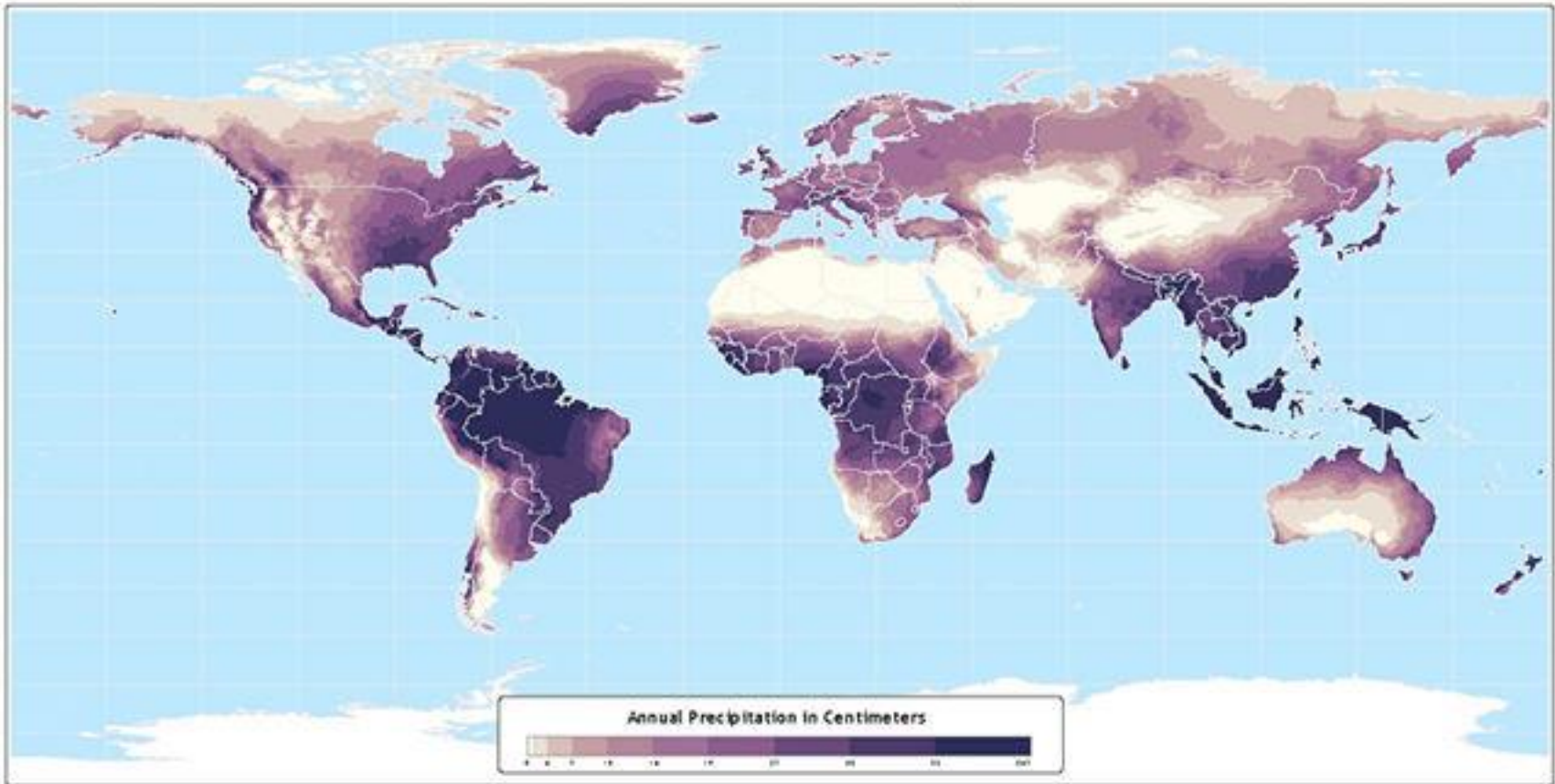
Atlas of the Biosphere

Center for Sustainability and the Global Environment
University of Wisconsin - Madison

NPP influenzata da Precipitazioni



Annual Total Precipitation



Data taken from: CRU 0.5 Degree Dataset (New et al)

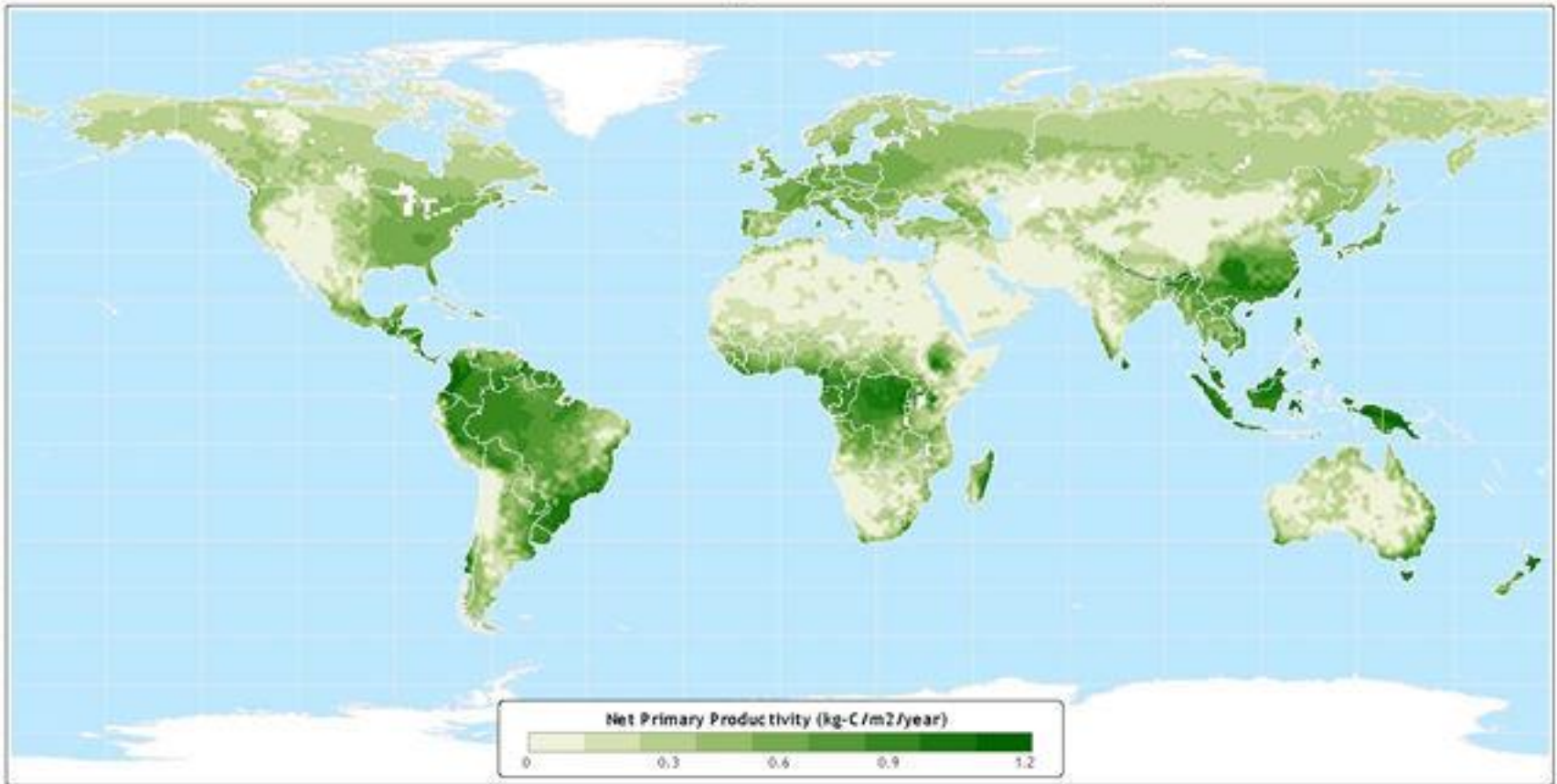
Atlas of the Biosphere

Center for Sustainability and the Global Environment
University of Wisconsin - Madison

NPP



Net Primary Productivity



Data taken from: IBIS Simulation
(Kucharik, et al. 2000)
(Foley, et al. 1996)

Atlas of the Biosphere
Center for Sustainability and the Global Environment
University of Wisconsin - Madison

Distribuzione biomassa per Biomi



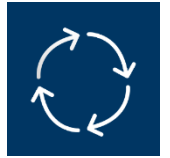
Biomass is greatest in tropical and temperate forests

Table 5.5. Biomass distribution of the major terrestrial biomes^a.

<u>Biome</u>	<u>Shoot</u> <u>(g m⁻²)</u>	<u>Root</u> <u>(g m⁻²)</u>	<u>Root</u> <u>(% of total)</u>	<u>Total</u> <u>(g m⁻²)</u>
Tropical forests	30,400	8,400	0.22	38,800
Temperate forests	21,000	5,700	0.21	26,700
Boreal forests	6,100	2,200	0.27	8,300
Mediterranean shrublands	6,000	6,000	0.5	12,000
Tropical savannas and grasslands	4,000	1,700	0.3	5,700
Temperate grasslands	250	500	0.67	750
Deserts	350	350	0.5	700
Arctic tundra	250	400	0.62	650
Crops	530	80	0.13	610

^a Data from [Roy, 2001 #3858]. Biomass is expressed in units of dry mass.

NEP (Net Ecosystem Production)

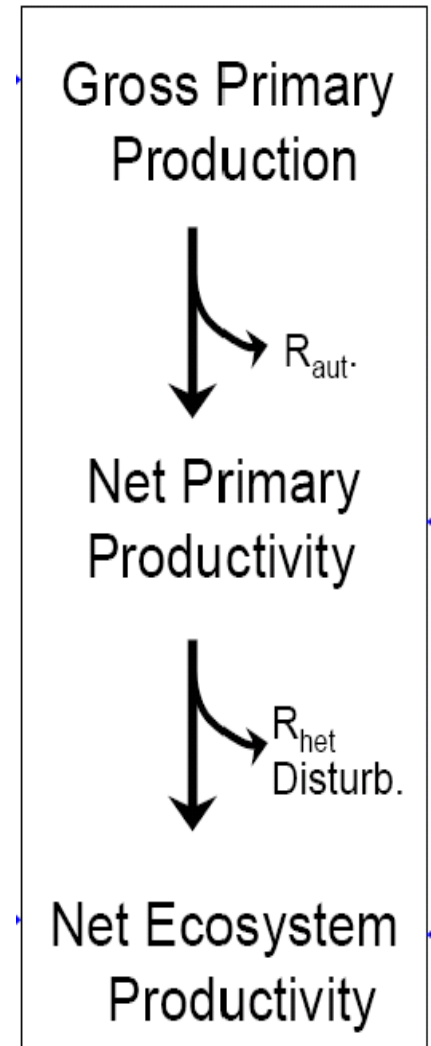


La **NPP** (Net Primary Productivity) non corrisponde ancora però a quanto viene accumulato nell'ecosistema in quanto **non tiene conto degli eterotrofi**.

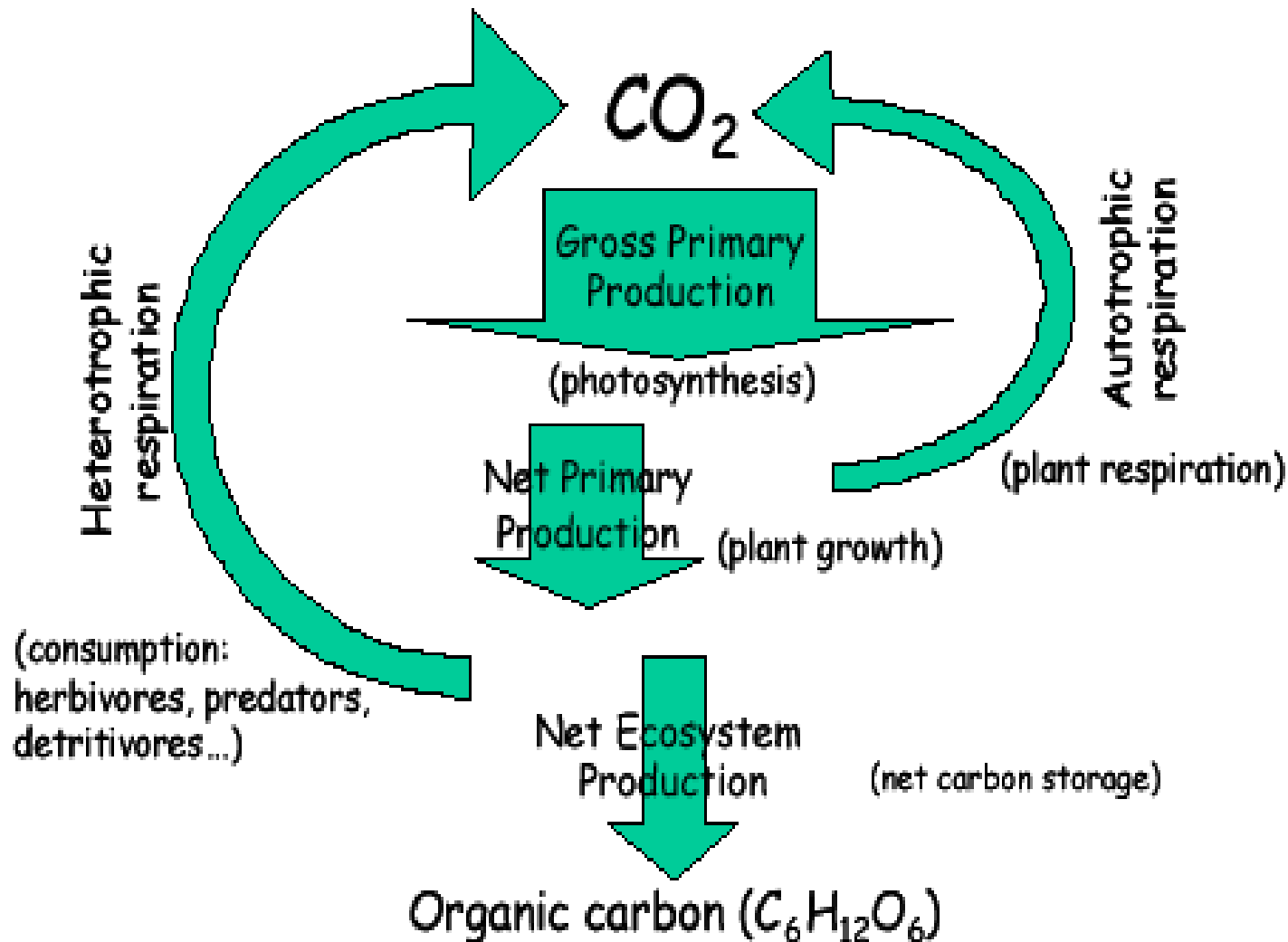
Si definisce allora una Produzione di Ecosistema Netta (Net Ecosystem Production):

NEP: carbonio «sequestrato» dall'ecosistema a netto di tutta la respirazione degli autotrofi e degli eterotrofi.

$$\mathbf{NEP = GPP - (R_{\text{autotrofi}} + R_{\text{eterotrofi}})}$$



NEP (Net Ecosystem Production)



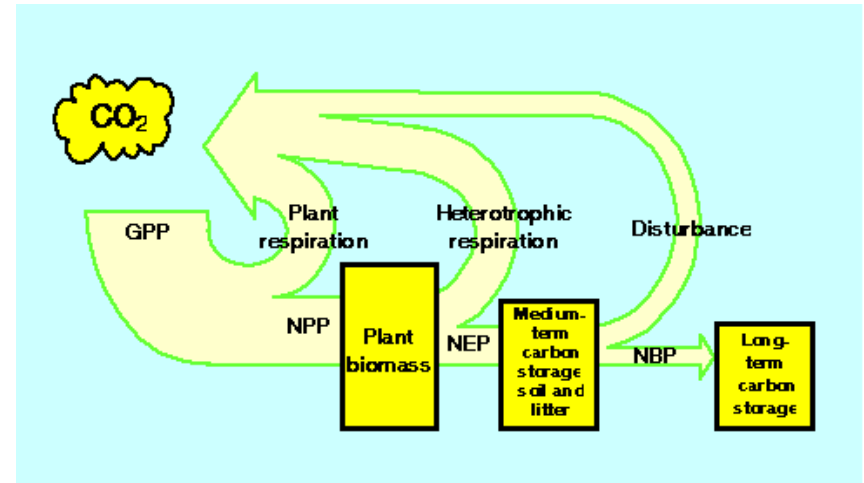
NBP (Net Biome Production)



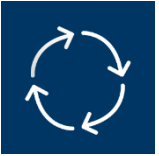
Se analizziamo il sistema a livello di Bioma (ogni bioma contiene diversi ecosistemi) calcoliamo la Produzione Netta di Bioma (Net Biome Production). Per fare questo dobbiamo introdurre un altro fattore: **i disturbi**.

NEP e NBP sono degli indicatori chiave per descrivere il bilancio di carbonio negli ecosistemi forestali.

$$\text{NBP} = \text{NEP} - (\text{disturbi fuoco, vento, utilizzazioni, insetti, ecc.})$$



Ciclo del carbono (terminología)



Carbon pool: The reservoir containing carbon (carbon stock)

Carbon flux: The rate of exchange of carbon between pools (i.e. reservoirs)

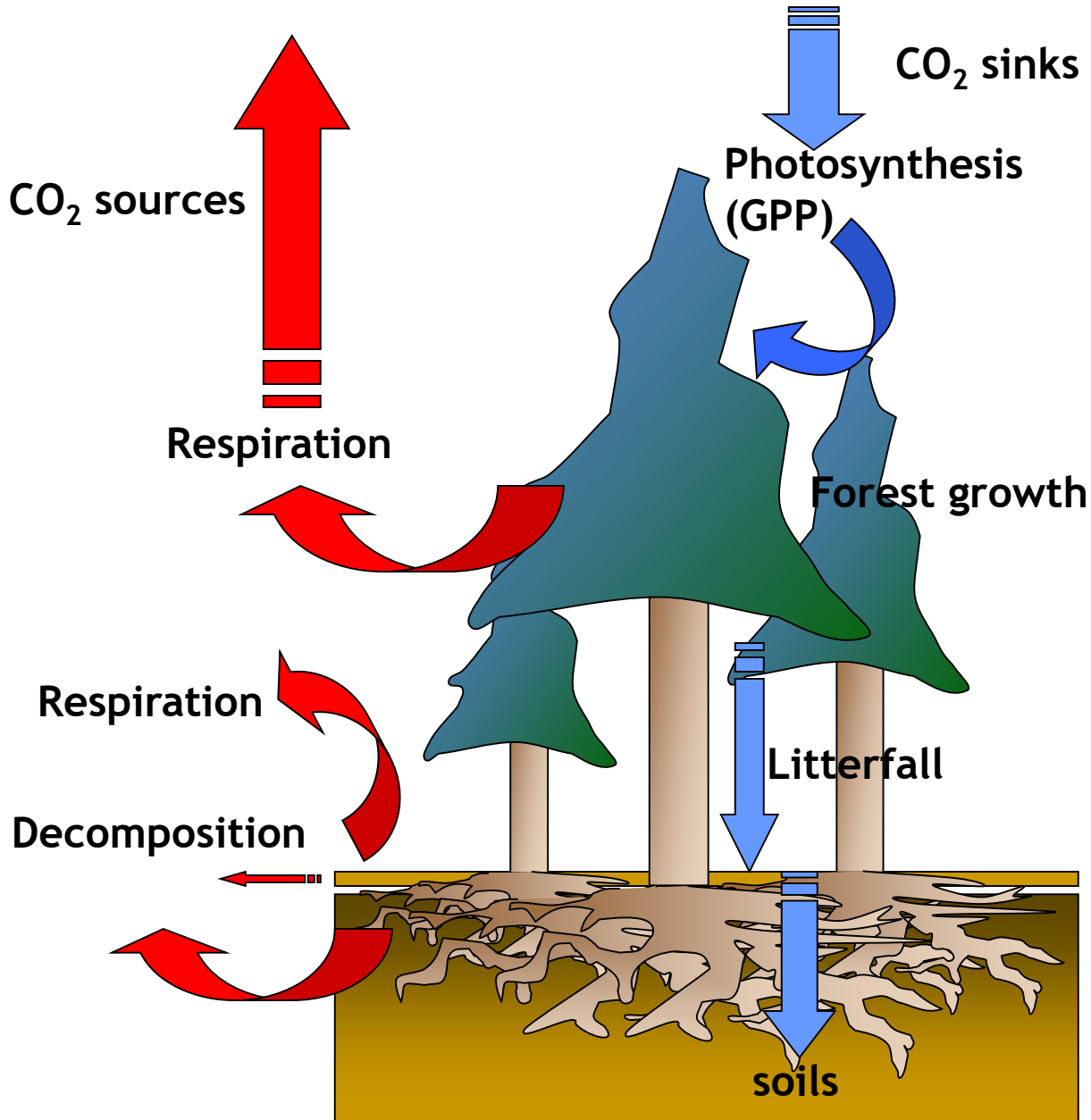
Carbon sinks: Carbon reservoirs and conditions that take-in and store more carbon (e.g. carbon sequestration) than they release.

Carbon sources: Carbon reservoirs and conditions that release more carbon than take-in and store

Carbon sequestration: The uptake and storage of carbon

2 - Fluxes

Net ecosystem exchange (GPP - total respiration)



1- Stocks

Carbon stocks/pools

- Above-ground biomass
 - Stemwood
 - Branchwood
 - Bark
 - Foliage
- Below-ground biomass
 - Coarse roots
 - Fine roots
 - Stumps
- Litter
- Coarse woody debris
- Soil organic carbon

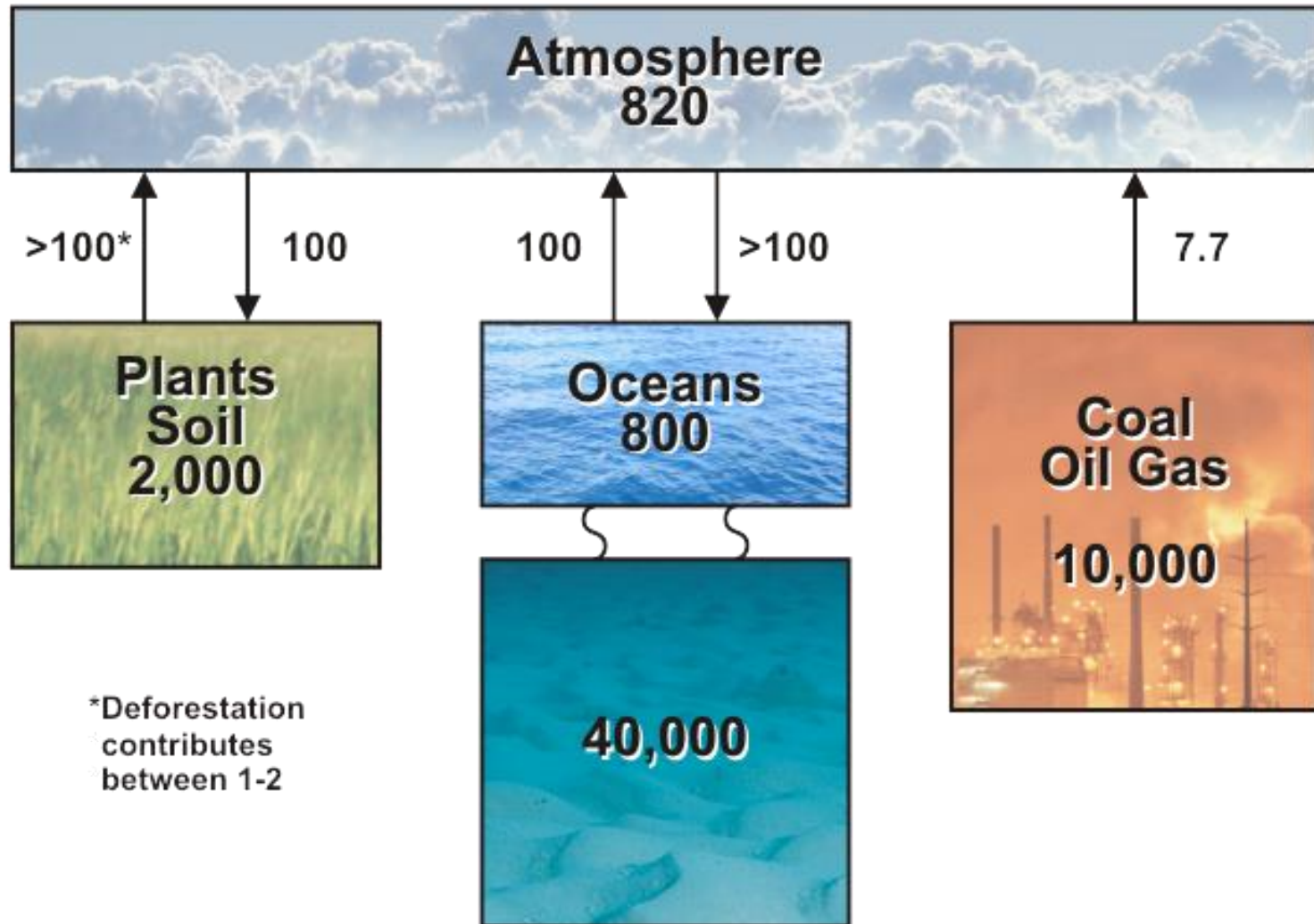
Ciclo del carbonio

- Il carbonio **esiste nell'atmosfera terrestre (circa 800 miliardi di T) principalmente come gas** (anidride carbonica o CO_2). Sebbene costituisca una minima parte nella composizione dell'atmosfera (circa lo 0,04% molare, percentuale in aumento), questo gas gioca un **ruolo fondamentale per la vita sulla Terra**. Altri gas contenenti carbonio sono il metano e i clorofluorocarburi (i CFC totalmente artificiali).
- **Circa 2000-2500 miliardi di T sono presenti nella biosfera** (suolo, animali e vegetali). Il carbonio è parte essenziale della vita sulla Terra. Esso gioca un ruolo importante nella struttura, biochimica e nutrizione di tutte le cellule viventi. E la vita gioca un ruolo importante nel ciclo del carbonio
- **I mari contengono circa 40000 miliardi di T**, in gran parte sotto forma di ione bicarbonato.
- **I depositi fossili contengono circa 10-15.000 miliardi di T**

Ciclo del carbono



Global Flows of Carbon (Petagrams of Carbon/Year)



Flussi di carbonio



Mauna Loa

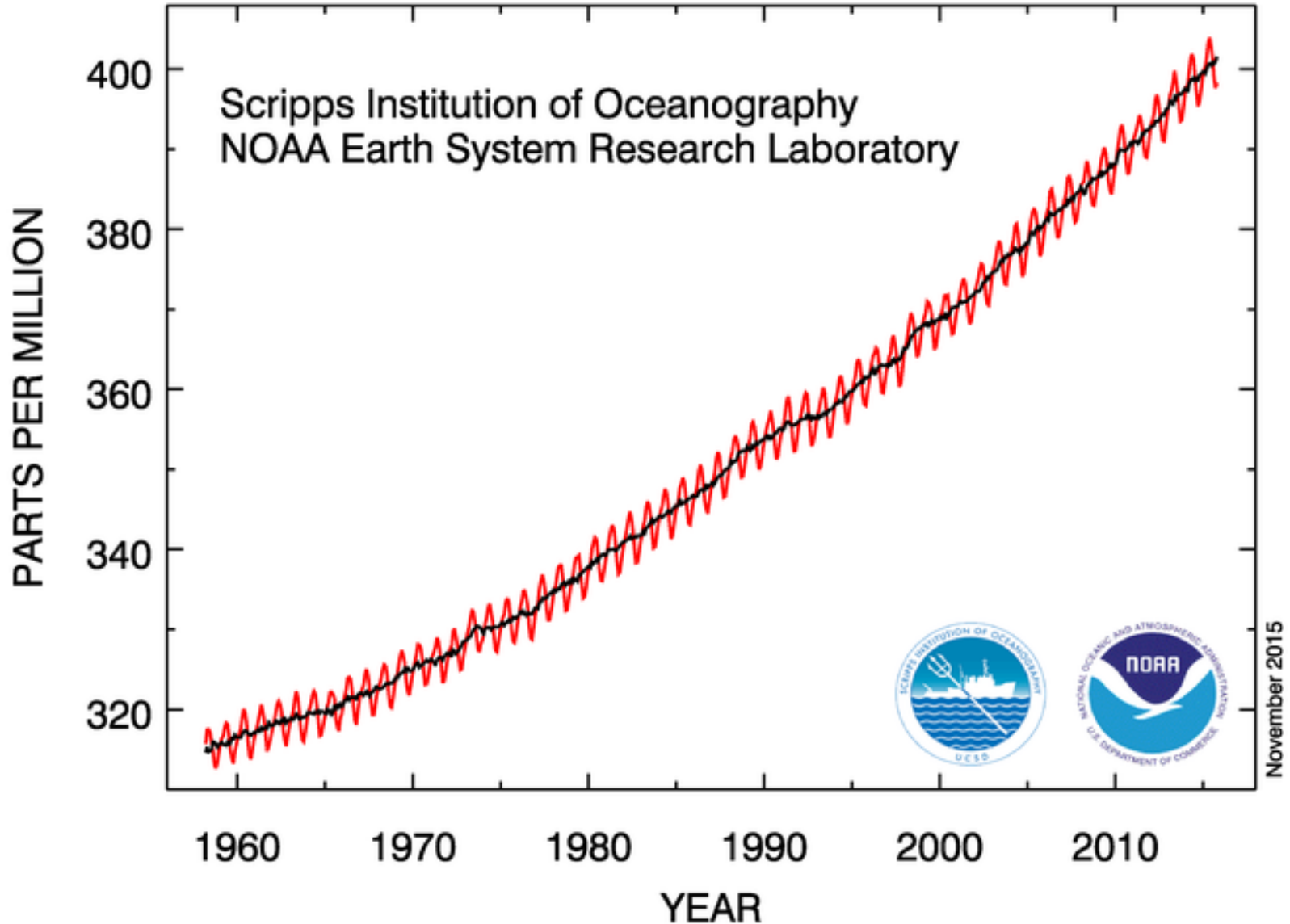
North Pacific Ocean



Ciclo del carbonio



Il miglior dataset sul ciclo del carbonio è quello della CO₂ di Mauna Loa, Hawaii.



Emissioni di CO₂



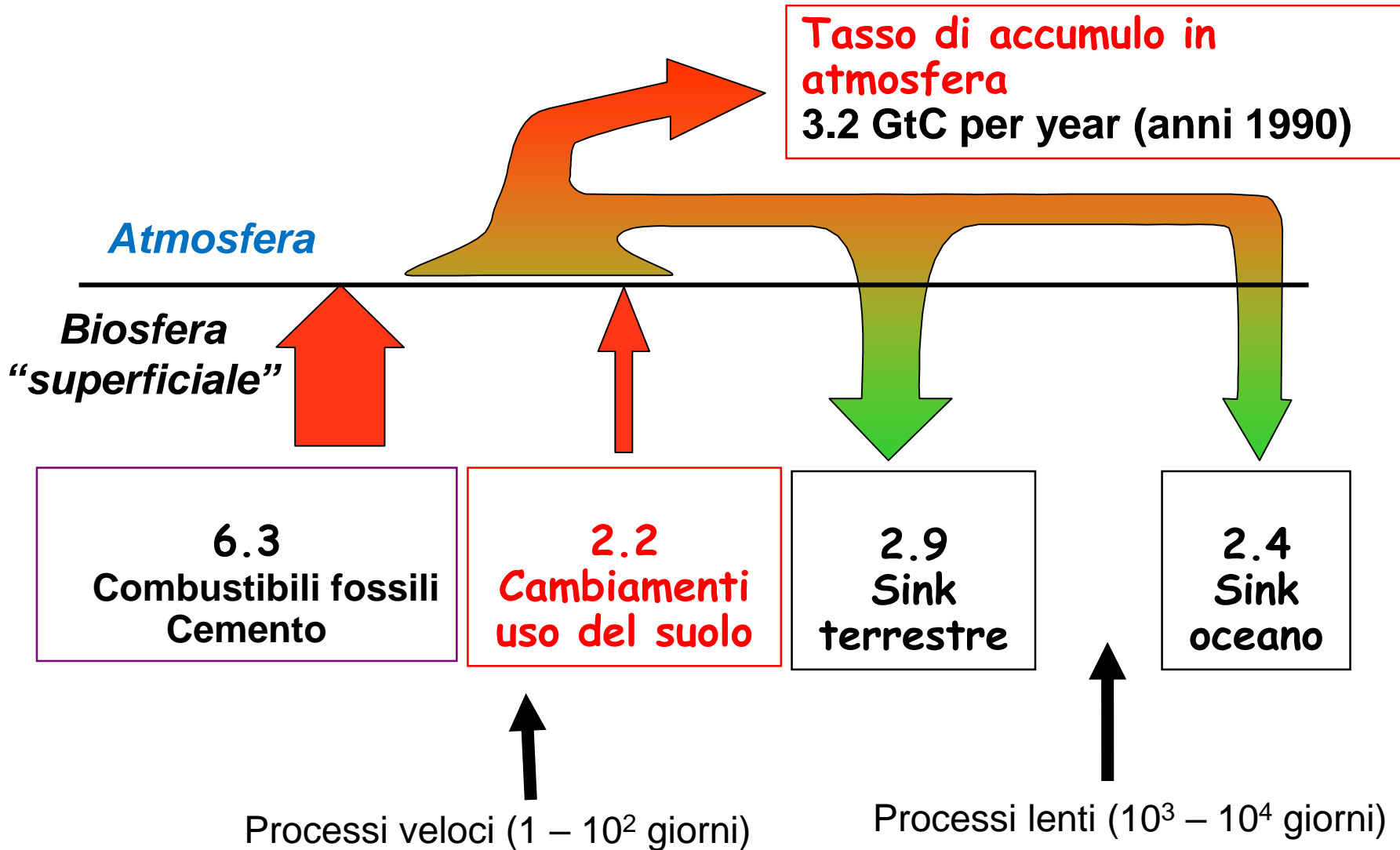
**A cosa sono dovute le missioni di CO₂ in atmosfera?
25% circa deforestazione, 75% inquinamento.**

Dove finisce il carbonio?

45% atmosfera, 30 % terra, 25% oceani

Il carbonio fissato nei tessuti vegetali (legno, foglie, ecc.)
costituisce il 50% circa della biomassa.

Ciclo del carbonio globale (flussi)



Net Biome Productivity

Table 1. Net biome productivity in forest, agricultural, and peat sectors. Positive fluxes mean net uptake; negative is net loss of C. Numbers within parentheses represent one standard deviation. For each ecosystem, the total area is also given.

	Area (Mha)	NBP (Tg C a ⁻¹)	Ref. nos.
<i><u>Forest sector</u></i>			
Forests	339 (7)	363 (159)	(10, 15–19)
Other wooded land	50 (17)	14 (7)	(10)
Subtotal		377 (159)	
<i><u>Agricultural sector</u></i>			
Croplands	326 (32)	–300 (186)	(15, 24)
Grasslands	151 (36)	101 (133)	(15, 24)
Subtotal		–199 (229)	
<i><u>Peat sector</u></i>			
Undisturbed peat lands	39 (6)	13 (7)	(28–30)
Drained peat lands	16 (4)	–30 (15)	(29–31)
Peat extraction		–50 (10)	(29, 30)
Subtotal		–67 (19)	
Total		111 (279)	

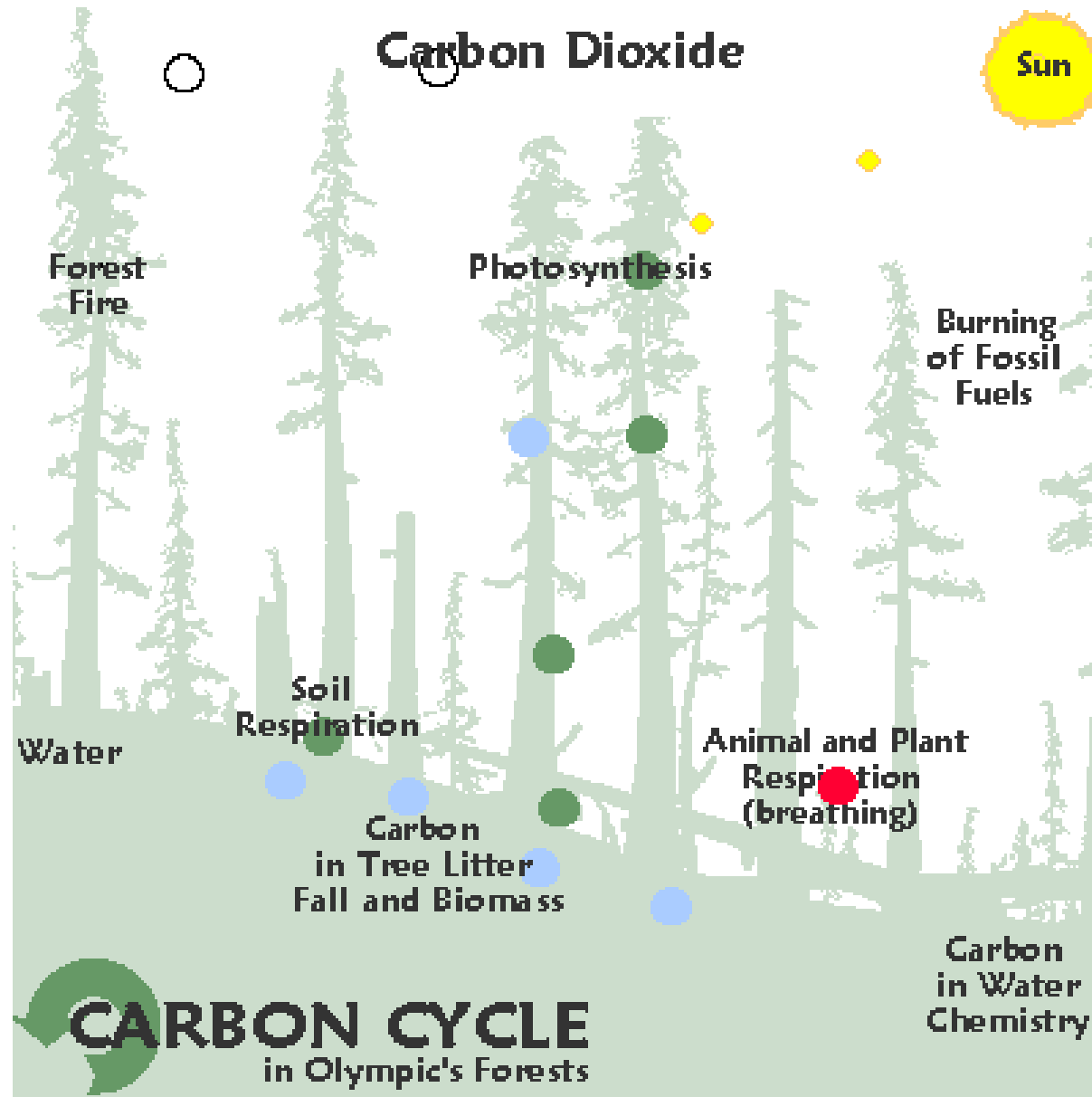
Europe's Terrestrial Biosphere
Absorbs 7 to 12% of European
Anthropogenic CO₂ Emissions

Emissioni da fossili = -1850
Peat = torba

Ivan A. Janssens,^{1*} Annette Freibauer,² Philippe Ciais,³
Pete Smith,⁴ Gert-Jan Nabuurs,^{5,6} Gerd Folberth,³
Bernhard Schlamadinger,⁷ Ronald W. A. Hutjes,⁵
Reinhard Ceulemans,¹ E.-Detlef Schulze,² Riccardo Valentini,⁸
A. Johannes Dolman⁹

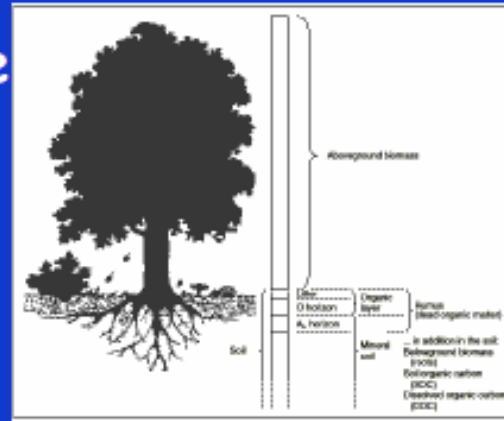
Ma: grosse incertezze!

Ciclo del carbono – Ecosistema Forestale



Misura dell'assorbimento di C in Ecosistemi Forestali (stoccaggio e flussi)

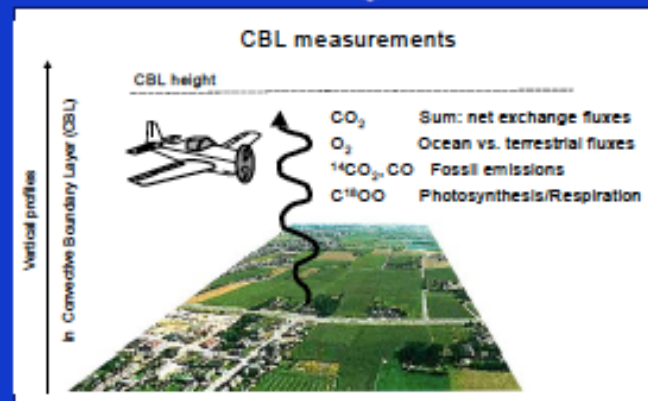
- Inventari successivi delle quantità (stocks) di carbonio in biomassa e terreno



- Misura dei flussi netti (giornalieri o annuali) tra ecosistema e atmosfera



$$NEP = \Delta B + \Delta SOM$$



$$NEP = \text{Fotos} - \text{Resp}_{\text{aut,het}}$$

Misura dell'assorbimento di C in Ecosistemi Forestali (stoccaggio e flussi)

Determinazione dello stoccaggio
annuale, pluriennale

Produttività primaria netta
annuale, pluriennale

Misure di scambio netto
istantanea, giornaliera, stagionale
annuale, pluriennale

Metodi:

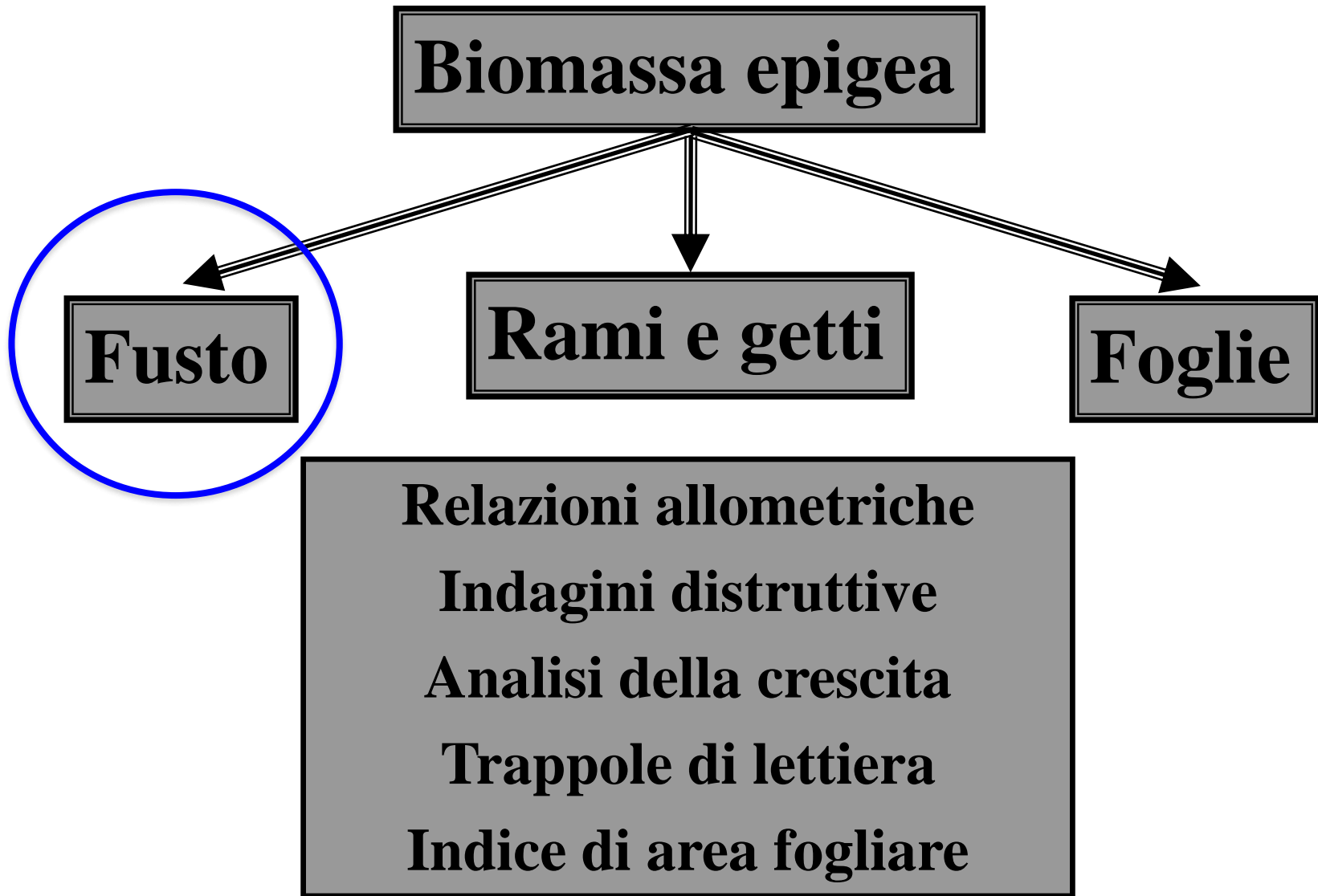
Misura degli “stocks-pools” e della produzione:

- Campionamento di biomassa nelle varie componenti
- Raccolta lettiera fogliare
- NPP: analisi del fusto (anche rami e radici), dendrometri, sviluppo fogliare, radici fini
- Mineralizzazione del carbonio nel suolo

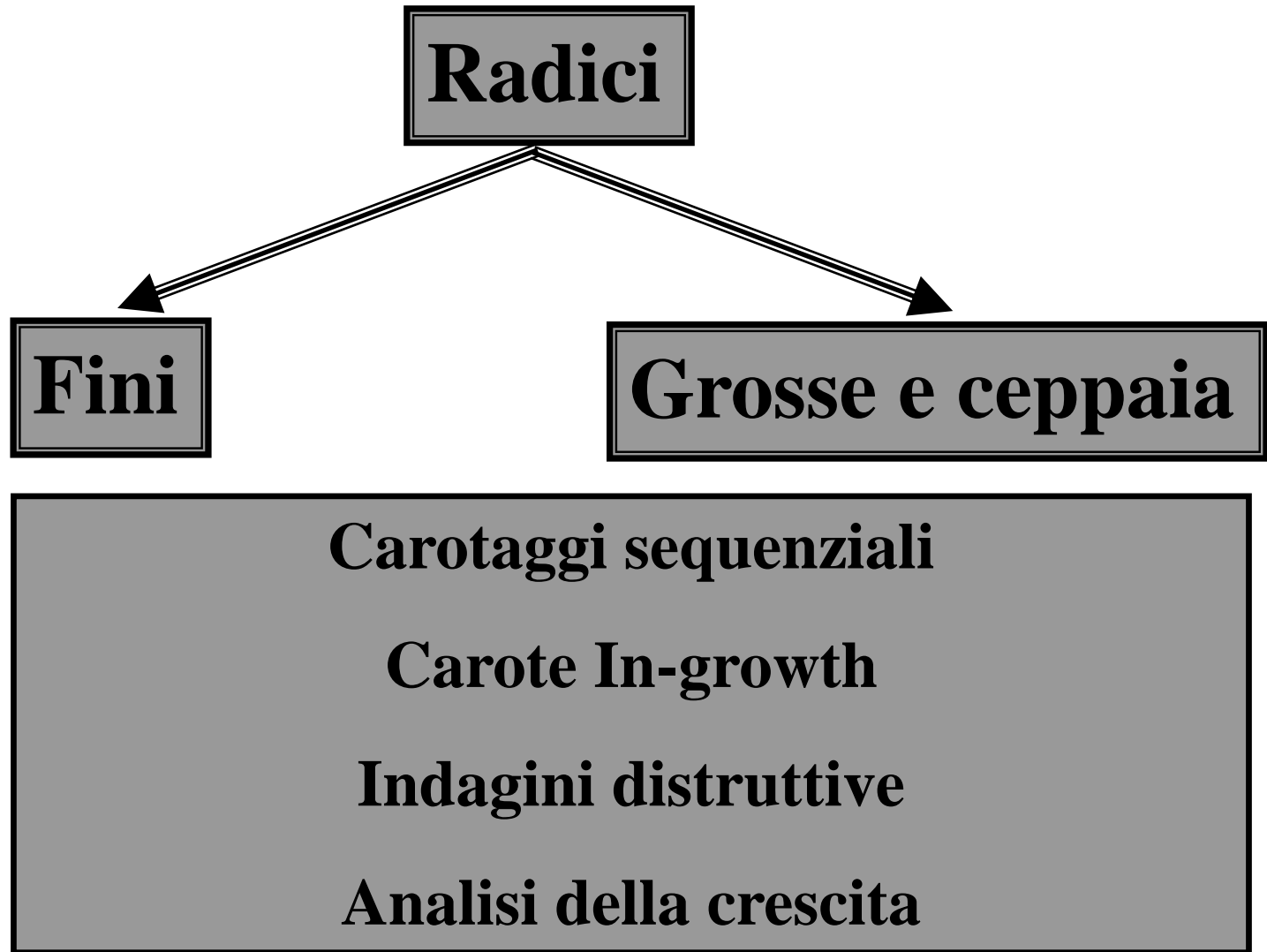
Misura dei flussi

- Tecnica dell' eddy correlation: scambio netto

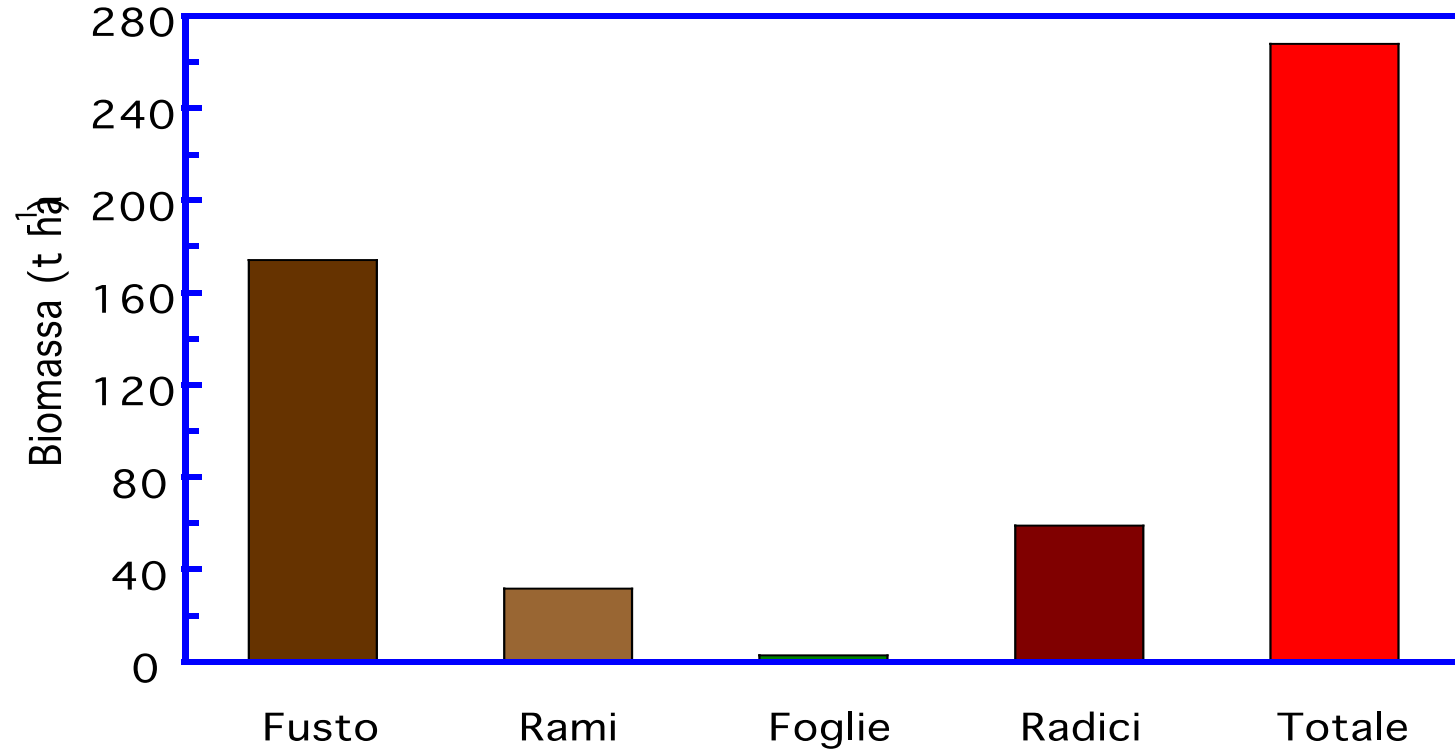
Campionamento stoccaggio C



Campionamento stoccaggio C

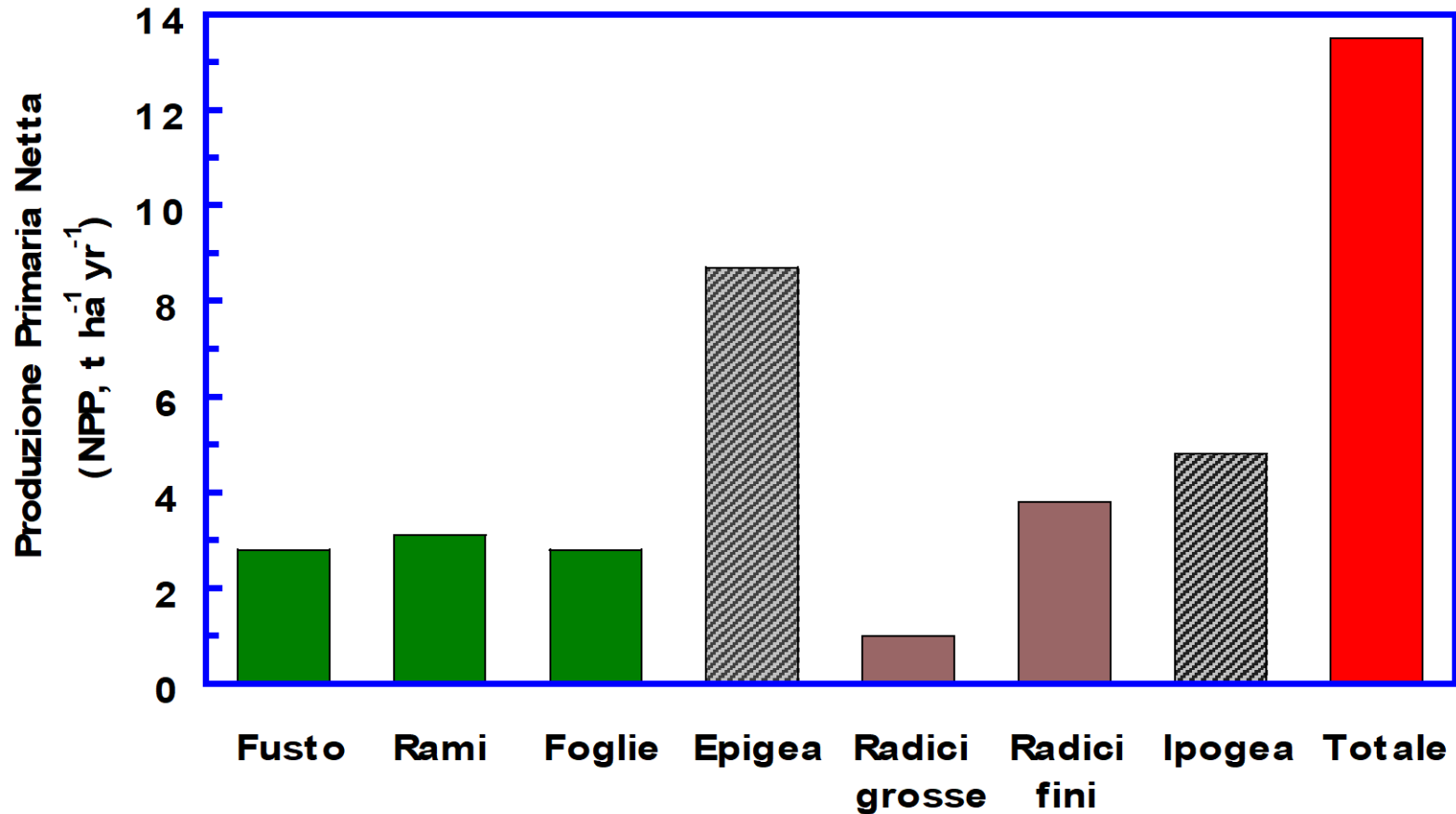


Stoccaggio C: biomassa



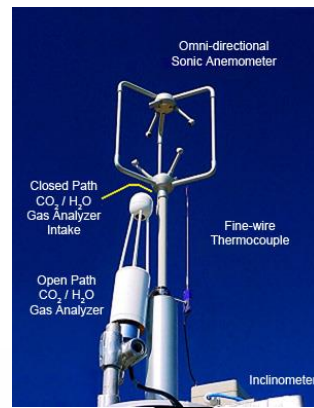
Faggeta di Collelongo, 1996

Stoccaggio C: produttività NPP



Faggeta di Collelongo, 1996

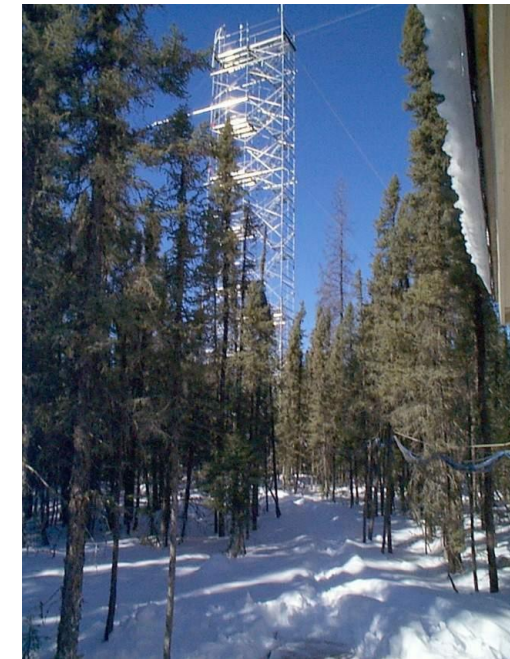
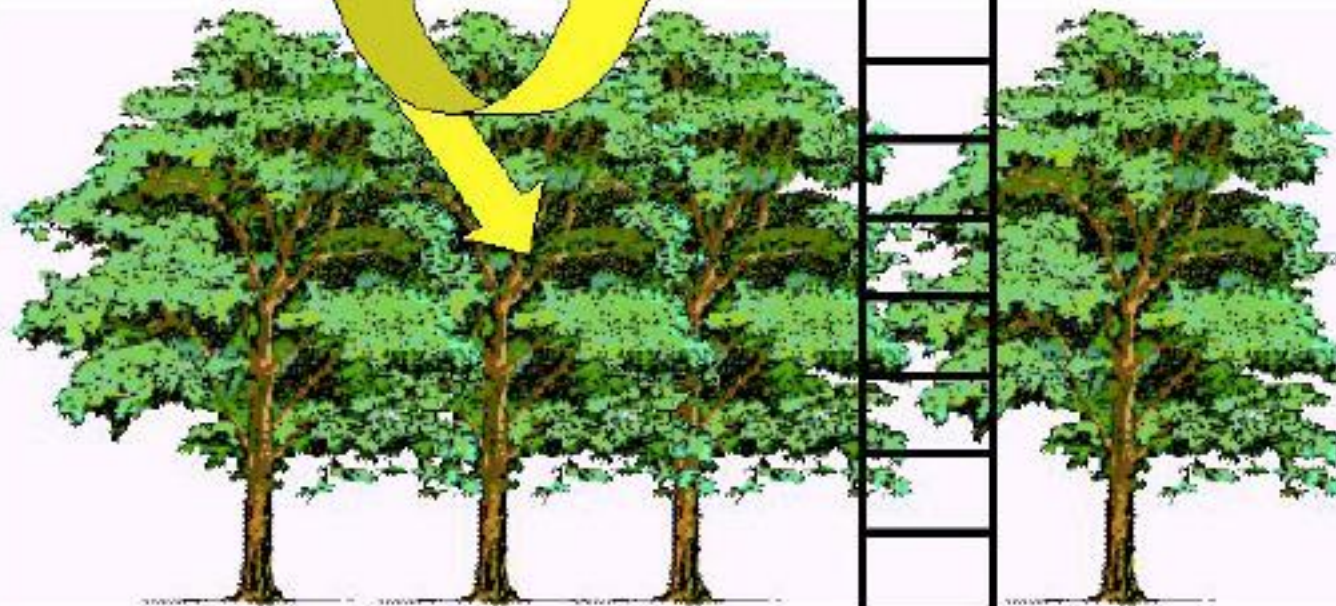
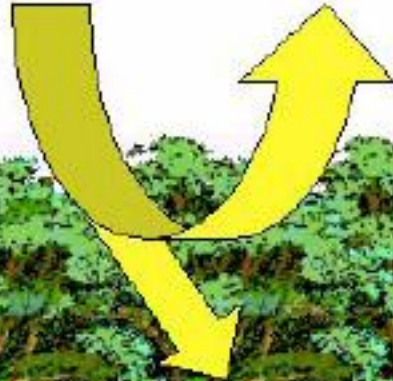
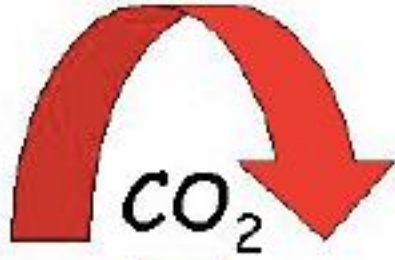
Flussi C



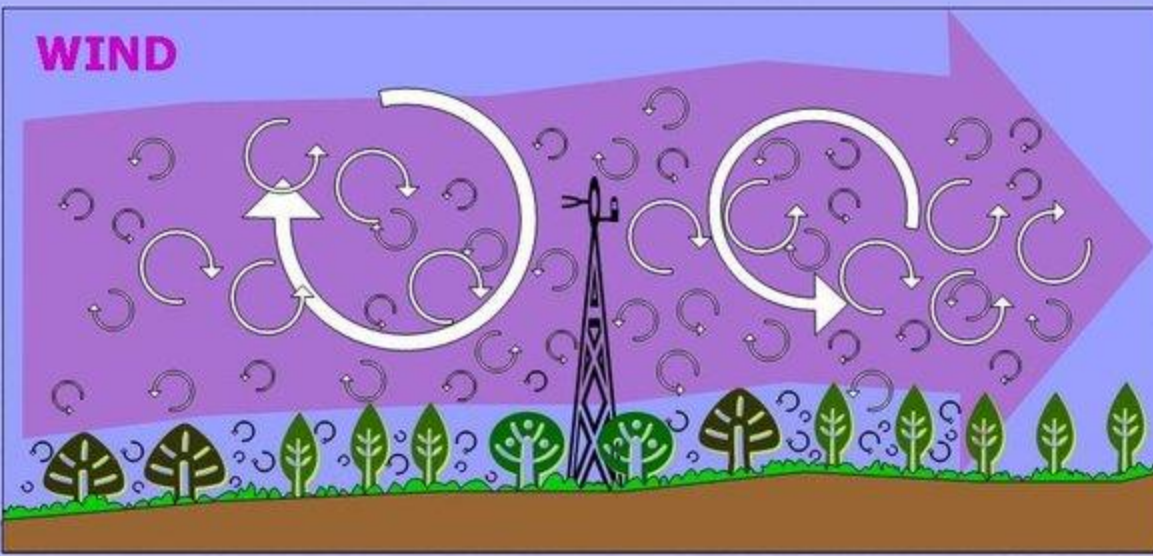
Eddy covariance (EC) system, estimates CO₂, H₂O, sensible heat and momentum fluxes above the canopy.

The system contains three basic components;

- 1) 3-D sonic anemometer,
- 2) a closed-path infra-red gas analyzer and
- 3) a computer to operate software that processes anemometer signals, computes lag times and fluxes, and store data.



WIND



Eddy covariance o correlazione turbolenta



Gill 3 D-Anemometer

Box with PC, analyser
controlling system, and collecting
devices



WLAN
Antenna

Box with calibration
and reference gas

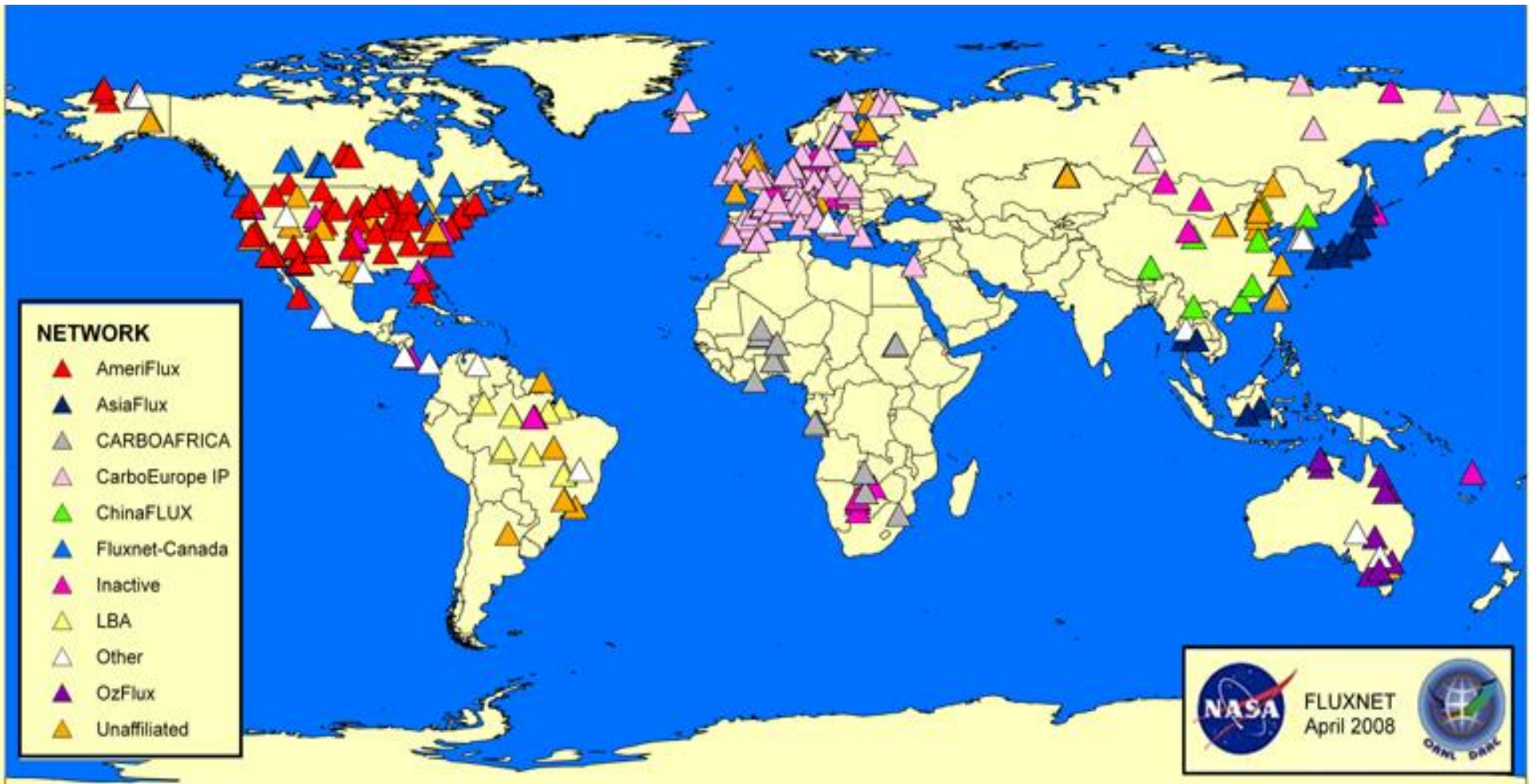
Il metodo dell'*eddy covariance* permette di misurare gli scambi di carbonio dell'intera copertura vegetale.

Gli strumenti collocati al di sopra della vegetazione in cima ad una torre misurano i "pacchetti" di aria che entrano nelle chiome e quelli che ne escono, impoveriti della CO_2 catturata dalle piante



FLUXNET

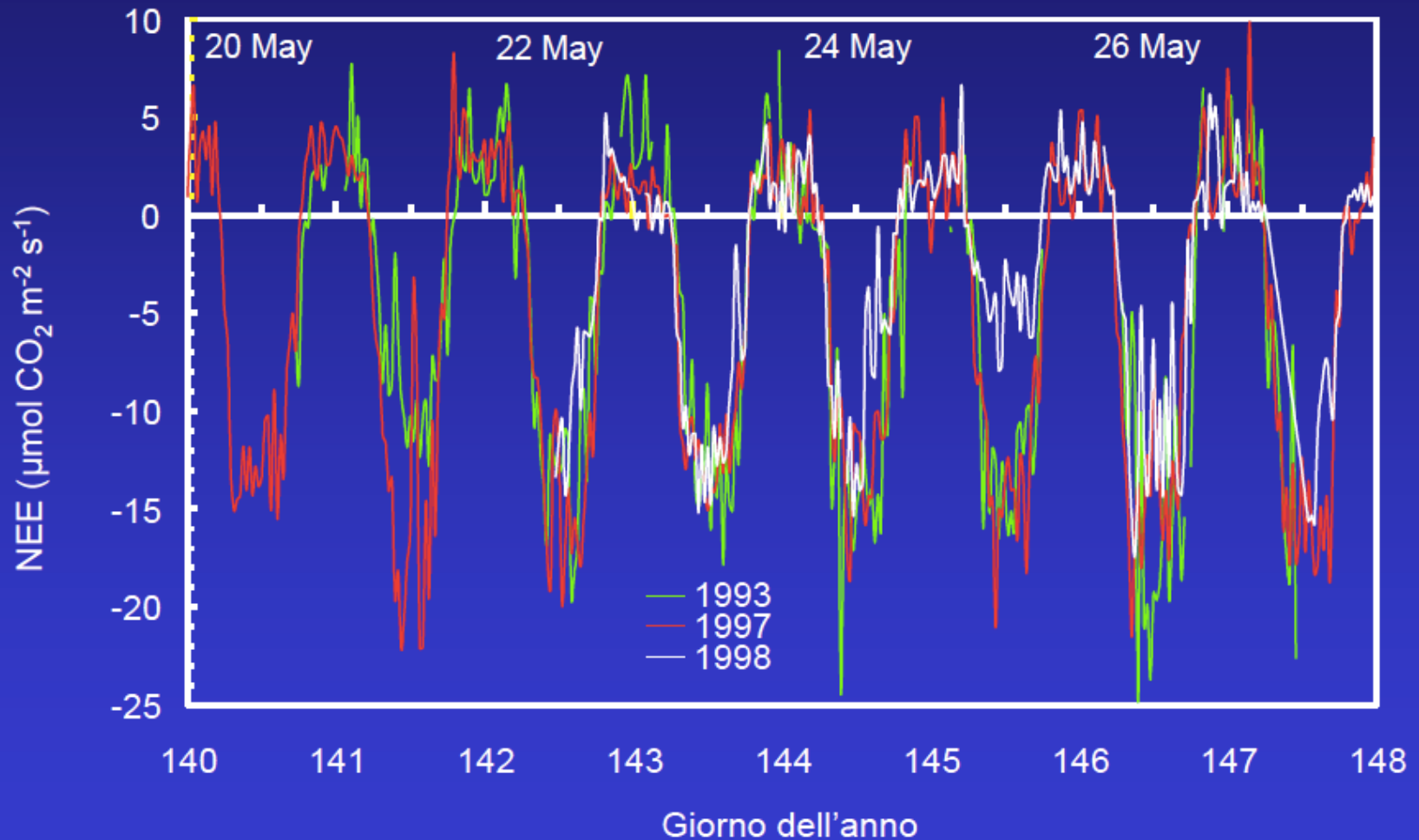
Integrating Worldwide CO₂ Flux Measurements

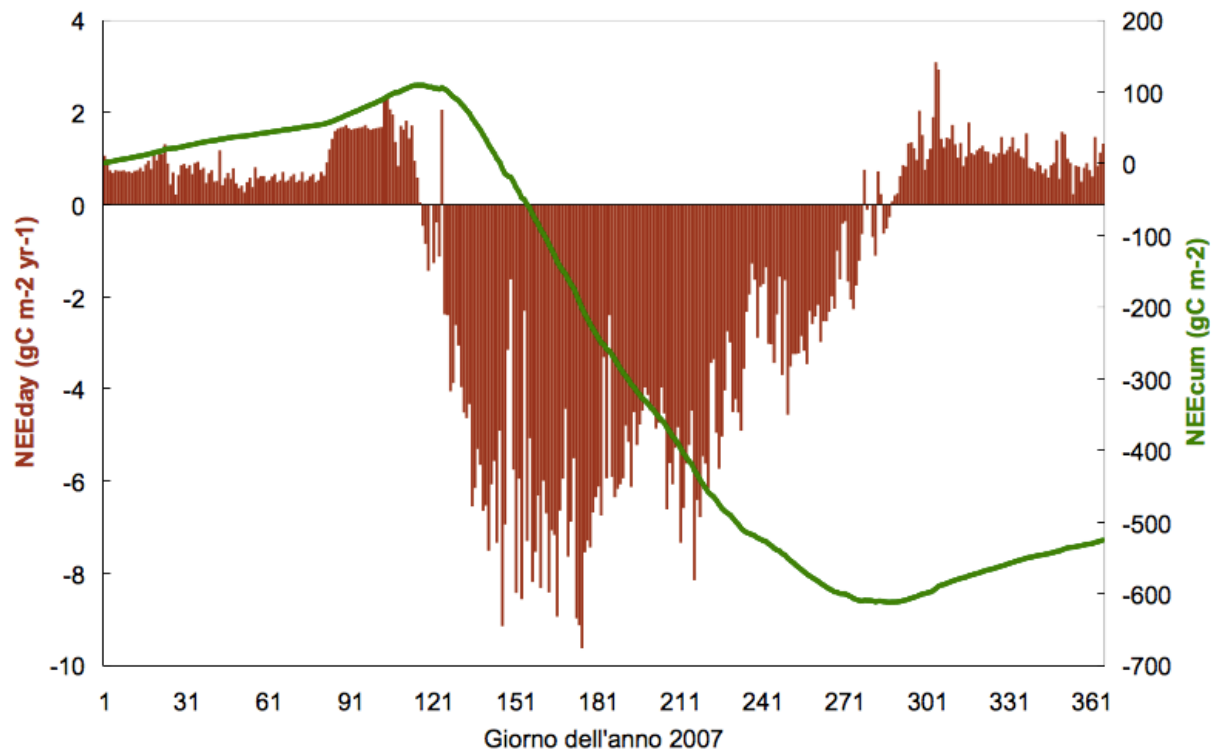
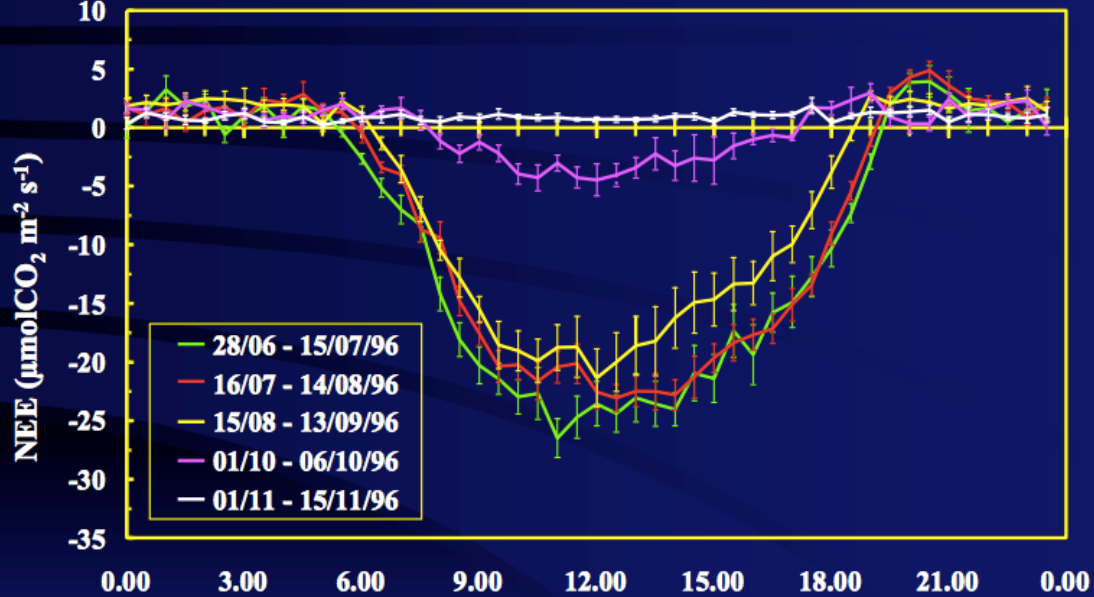


Misura degli scambi di carbonio della vegetazione

scambio netto dell'ecosistema: variabilità giornaliera

Fagus sylvatica, Collelongo (AQ)





Ciclo del carbonio: sintesi

- ✓ Negli ultimi decenni si é osservato un costante aumento del carbonio nell'atmosfera (e della temperatura).
- ✓ Significativo ruolo dell'uomo: combustibili fossili, produzione cemento, cambiamenti d'uso del suolo, gestione.
- ✓ Le foreste occupano il 30% delle terre emerse, determinando il 65% della loro produttività (40% di quella globale).
- ✓ Le foreste contribuiscono, insieme agli oceani, a rallentare l'incremento di CO₂ in atmosfera (effetto buffer ma non risoluzione del problema!!).

Leakage and spillover effects of forest management on carbon storage: theoretical insights from a simple model

By FEDERICO MAGNANI^{1*}, RODERICK C. DEWAR^{2†} and MARCO BORGHETTI³,

¹Dipartimento di Colture Arboree, University of Bologna, via Fanin 46, I-40127, Bologna, Italy; ²INRA, Unité EPHYSE, BP 81, Villenave d'Ornon CEDEX, F-33883, France; ³Dipartimento Scienze dei Sistemi Culturali, Forestali e dell'Ambiente, University of Basilicata, viale dell'Ateneo lucano 10, I-85100, Potenza, Italy

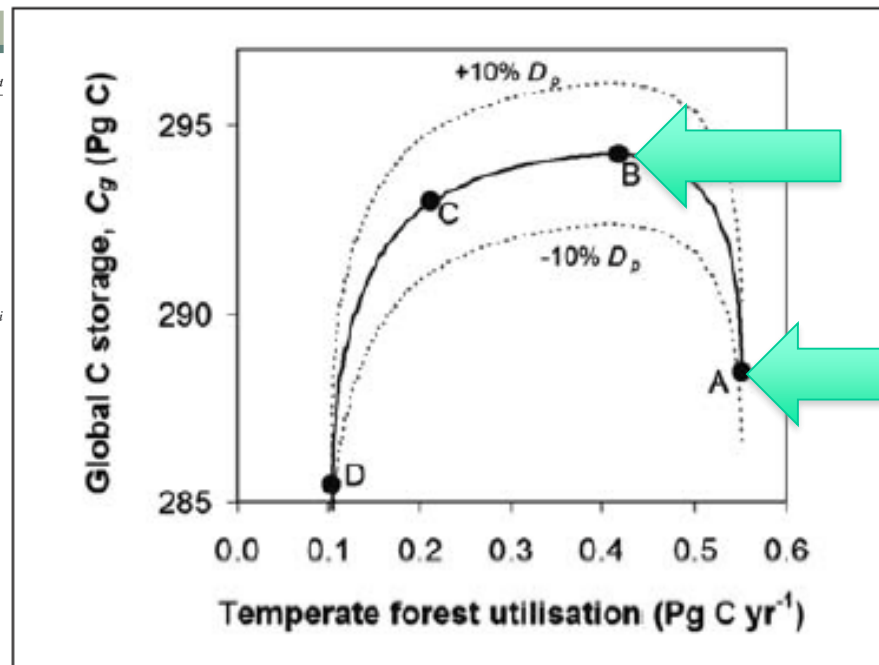


Figura 5 – Esempificazione teorica del fenomeno *carbon leakage*. Sulle ascisse il tasso di utilizzazione delle foreste temperate (inversamente proporzionale al loro livello di protezione). Quando si supera il livello di protezione corrispondente al punto B sulla curva in neretto, la quantità di carbonio accumulata a scala globale incomincia a declinare. Le curve tratteggiate fanno riferimento a simulazioni in cui viene variato (del 10%) il ciclo di vita dei prodotti legnosi che si estraggono dalla foresta; 1 Pg C = un miliardo di tonnellate di carbonio (da MAGNANI *et al.*, 2009).

Carbon leakage: conseguenza involontaria, ma negativa, della gestione conservativa del carbonio in una data zona (es. Italia) sul carbonio accumulato in un'altra zona (es. foreste tropicali). Se la domanda di legno è forte e proteggero troppo le mie foreste, la ricaduta su altre foreste più vulnerabili sarà molto negativa a scala globale. Scelte gestionali e ricadute locali e globali (**think globally and act locally**)

Ciclo del carbonio: foreste italiane

Il settore forestale italiano è rappresentato da quasi 11 milioni di ettari di bosco, pari al 36.5% del territorio nazionale.

Alle foreste italiane è stato attribuito un potenziale di assorbimento pari a 22 Mt CO₂/anno, corrispondenti al 25% circa dell'impegno di riduzione delle emissioni previsto dal Protocollo di Kyoto.

